



**Beschluss
der Landesregierung**

Nr. 12
Sitzung vom
12/01/2016

**Deliberazione
della Giunta Provinciale**

Seduta del

ANWESEND SIND

Landeshauptmann
Landeshauptmannstellvert.
Landeshauptmannstellvert.
Landesräte

Arno Kompatscher
Christian Tommasini
Richard Theiner
Philipp Achammer
Waltraud Deeg
Florian Mussner
Arnold Schuler
Martha Stocker

Generalsekretär

Eros Magnago

SONO PRESENTI

Presidente
Vicepresidente
Vicepresidente
Assessori

Segretario Generale

Betreff:

Genehmigung des "Verzeichnis der
Bezugsbauweisen zur Dimensionierung von
Asphaltstrassen"

Oggetto:

Approvazione del "Catalogo per il
dimensionamento delle pavimentazioni
stradali"

Vorschlag vorbereitet von
Abteilung / Amt Nr.

11.6

Proposta elaborata dalla
Ripartizione / Ufficio n.

DIE LANDESREGIERUNG

NACH EINSICHT in den Art. 83 Absatz 6 des LG Nr. 6 vom 17.06.1998, gemäß welchem die Landesregierung die besonderen Vergabebedingungen standardisiert;

NACH EINSICHT, in die Richtlinien „Funktionelle und geometrische Normen für den Bau und die Planung von Straßen“, die am 17.11.2006 in Kraft getreten sind;

NACH EINSICHT, in das von den Abteilungen 10 – Tiefbau, 11 - Hochbau und Technischer Dienst und 12 – Straßendienst, verfasste „Verzeichnis der Bezugsbauweisen zur Dimensionierung von Asphaltstraßen“;

STELLT FEST, dass der technische Landesbeirat dazu das positive Gutachten Nr. 33 vom 14.12.2015 erteilt hat;

HÄLT ES aus diesen Gründen für zweckmäßig das „Verzeichnis der Bezugsbauweisen zur Dimensionierung von Asphaltstraßen“ zu genehmigen;

DIES VORAUSGESCHICKT, wird von der Landesregierung einstimmig in gesetzlicher Form

LA GIUNTA PROVINCIALE

VISTO l'art. 83 comma 6 della LP n. 6 del 17.06.1998, in base alla quale la Giunta Provinciale provvede a standardizzare i capitolati speciali d'appalto per le categorie più importanti di opere;

VISTE le „Norme funzionali e geometriche per la progettazione e costruzione di strade“ entrate in vigore il 17.11.2006;

VISTO il “Catalogo per il dimensionamento delle pavimentazioni stradali” elaborato dalle Ripartizioni 10 - Infrastrutture, 11 - Edilizia e servizio tecnico e 12 - Servizio Strade;

DATO ATTO che il Comitato Tecnico Provinciale ha espresso in merito il parere positivo n. 33 del 14.12.2015;

CONSIDERATO opportuno approvare il “Catalogo per il dimensionamento delle pavimentazioni stradali”;

CIOÌ PREMESSO la Giunta Provinciale a voti unanimi espressi nei modi di legge

b e s c h l i e ß t

1. das beiliegende „Verzeichnis der Bezugsbauweisen zur Dimensionierung von Asphaltstrassen“, welches Bestandteil dieses Beschlusses bildet zu genehmigen;
2. festzulegen, dass das „Verzeichnis der Bezugsbauweisen zur Dimensionierung von Asphaltstraßen“ über die Straßenbaurichtlinien „Funktionelle und geometrische Normen für den Bau und die Planung von Straßen“ überwiegen da sie spezifischer sind;
3. es wird zur Kenntnis genommen, dass durch diese Maßnahme keinen Ausgabe entsteht;
4. diesen Beschluss im Amtsblatt der Region zu veröffentlichen.

d e l i b e r a

1. di approvare l'allegato “ Catalogo per il dimensionamento delle pavimentazioni stradali” che fa parte integrante della presente deliberazione;
2. di dare atto che il “Catalogo per il dimensionamento delle pavimentazioni stradali” prevale in quanto più dettagliato sulle „Norme funzionali e geometriche per la progettazione e costruzione di strade“;
3. di dare atto che il presente provvedimento non comporta impegno di spesa;
4. di pubblicare la presente delibera nel Bollettino Ufficiale della Regione.

DER LANDESHAUPTMANN

DER GENERALSEKRETÄR DER L. R.

IL PRESIDENTE DELLA PROVINCIA

IL SEGRETARIO GENERALE DELLA G. P.



AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL

**VERZEICHNIS DER BEZUGSBAUWEISEN
ZUR DIMENSIONIERUNG VON
ASPHALTSTRASSEN**

INHALTSVERZEICHNIS

1 – EINFÜHRUNG	3
2 – BEGRIFFBESTIMMUNGEN	3
2.1. Oberbau	3
2.2. Unterbau	3
2.3 Tragschichten	4
2.3.1 Ungebundene Tragschichten	4
2.3.2 Gebundene Tragschichten mit Zement und/oder Kalk	4
2.3.3 Gebundene Tragschichten mit Zement und Schaumbitumen oder Bitumenemulsion	4
2.4 Asphaltsschichten	4
2.4.1 Bitumengebundene Tragschichten im Heißeinbau	5
2.4.2 Bitumengebundene kaltrecycelte Tragschichten	5
2.4.3 Binderschichten	5
2.4.4 Verschleißschichten	5
3 – DIMENSIONIERUNGSFAKTOREN	5
3.1 Berechnungsmethode	5
3.2 Tragfähigkeit des Unterbaus	6
3.3 Verkehrslasten	6
3.4 Klimabereiche	6
3.5 Baustoffe	7
4 – FROSTSCHUTZ	8
5 – HINWEISE ZUR KORREKTEN ANWENDUNG DES VERZEICHNISSES	9
6 – TECHNISCHE DATENBLÄTTER	10
7 – LITERATURVERZEICHNIS	19

1 – EINFÜHRUNG

Dieses Verzeichnis soll den Straßenbauern eine Reihe von Schichtpaketen für den Oberbau von Verkehrsflächen bieten, welche für das Verkehrsaufkommen und die klimatischen Bedingungen in Südtirol geeignet sind.

Der Anwendungsbereich dieses Verzeichnisses umfasst sowohl die Planung neuer Straßen als auch die außerordentliche Instandhaltung bis hin zur vollständigen Erneuerung des Oberbaus.

Behandelt werden Asphaltsschichten und die halbstarren Schichten des Oberbaus. Zum Einsatz gelangen die üblicherweise für das Südtiroler Straßennetz verwendeten Baustoffe. Dabei werden auch Recyclingmaterial wie Asphalt-Fräsgut sowie kalk- und/oder zementstabilisiertes Material berücksichtigt. Für das bituminöse Mischgut sämtlicher angeführten Asphaltsschichten kommt modifiziertes Bitumen des Typs „Hard“ zum Einsatz. Die Eigenschaften der Baustoffe entsprechen den Anforderungen der Technischen Richtlinien der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol.

Das Verzeichnis geht von vier Klimabereichen in unterschiedlichen Höhenlagen aus. Für jeden Klimabereich werden die entsprechenden Schichtpakete mit Bezug auf drei Tragfähigkeitsstufen des Unterbaus und neun Verkehrsklassen angeführt, die als Standardachslasten zu je 80 kN bei Radpaaren (ESAL) ausgedrückt werden.

Vor der Erstellung des Verzeichnisses wurde die Zusammensetzung des Schwerverkehrs auf einigen Straßen in Südtirol untersucht, welche repräsentativ für die unterschiedlichen Gebiete und Verkehrslasten sind. Diese Verkehrsstudie hat für die verschiedenen Straßen erhebliche Unterschiede zwischen der Anzahl der Schwerfahrzeuge und der Standard-Achszahl ergeben. Aus diesem Grund hat man beschlossen, das Verzeichnis nur nach Standard-Achsen zu gliedern; die entsprechenden Daten, welche auf den jährlichen Verkehrserhebungen basieren, werden für sämtliche Landesstraßen bereitgestellt.

Für alle übrigen Straßen muss der Achsenäquivalenzkoeffizient abgeleitet werden und zwar auf Basis der ermittelten Verkehrszusammensetzung und der Anzahl der geschätzten Schwerfahrzeuge.

2 – BEGRIFFBESTIMMUNGEN

2.1. Oberbau

Der Oberbau ist jener Teil des Straßenkörpers, der aus verschiedenen Schichten unterschiedlicher Materialien und Stärke besteht, deren Aufgabe es ist, die Verkehrslasten aufzunehmen, zu verteilen und an den Unterbau abzuleiten, sowie die Sicherheit und den Fahrkomfort der Verkehrsteilnehmer zu gewährleisten.

2.2. Unterbau

Der Unterbau ist das Schichtpaket zwischen Oberbau und Untergrund, in dem die Verkehrslasten aufgenommen und abgetragen werden. Der Unterbau muss unter allen klimatischen Bedingungen gute Tragfähigkeitsverhältnisse garantieren. Daher sind bei Bedarf entsprechende Maßnahmen zum Schutz vor Wasser- und Frosteinfluss zu treffen.

2.3 Tragschichten

Die Tragschichten bilden jenes Schichtpaket des Oberbaus, welches auf dem Unterbau aufliegt und die Basis der Asphaltdecken bildet. Dieses Schichtpaket kann als ungebundene Tragschichten errichtet werden. Gegebenenfalls können die Tragschichten mit Zement und/oder Kalk verfestigt – gebunden – werden. Wahlweise kann auch Recyclingmaterial (Bauschutt, Asphalt-Fräsgut, alte Tragschichten, Aushubmaterial, usw.) verwendet werden. Sämtliches Material muss den Vorgaben der UNI EN 13242 entsprechen.

Eine Stabilisierung der Schichten mit geeigneten Bindemitteln ist nur dann erforderlich, wenn beim Einbau die erforderliche Tragfähigkeits- und Frostbeständigkeit gemäß den Technischen Richtlinien der Autonomen Provinz Bozen–Südtirol nicht erreicht werden kann.

2.3.1 Ungebundene Tragschichten

Ungebundene Tragschichten bestehen aus einem Gemisch von Primärmaterial, welches zumeist in einer einzigen Kornklasse 0/D verwendet wird.

2.3.2 Gebundene Tragschichten mit Zement und/oder Kalk

In diesem Fall wird die Tragschicht aus zementstabilisiertem Lockermaterial und Zuschlägen (ggf. nach einer Vorbehandlung mit Kalk) errichtet und stellt damit eine wirksame Alternative zu einer ungebundenen Tragschicht dar.

Kalk wird dann zusätzlich zum Zement verwendet, wenn das zu stabilisierende Material eine Plastizitätszahl $IP > 6$ aufweist, sprich wenn das Zuschlagsgemisch einen erheblichen Anteil tonhaltiger (plastischer) Feinstoffe aufweist.

Die Art des Bindemittels (Kalk und/oder Zement) und die Dosierung zum Erreichen der geforderten Leistungskennwerte müssen im Rahmen einschlägiger Laboruntersuchungen festgelegt werden.

2.3.3 Gebundene Tragschichten mit Zement und Schaumbitumen oder Bitumenemulsion

In letzter Zeit wird die untere Tragschicht zunehmend aus einem Gemisch gefertigt, das neben Zement auch Schaumbitumen oder Bitumenemulsion als Bindemittel enthält. Dieses Verfahren wurde im Rahmen des Kaltrecyclings von Fahrbahndecken entwickelt, gelangt allerdings auch beim Neubau zum Einsatz. Somit steht nicht nur eine breitere Palette von Zuschlagstoffen (natürliche oder recycelte, entsprechend UNI EN 13242) zur Verfügung, sondern dadurch können auch die Tragfähigkeit und die Lebensdauer im Vergleich zu den herkömmlichen hydraulisch gebundenen Schichten erhöht werden.

2.4 Asphaltdecken

Bei flexiblen Fahrbahndecken werden über den Tragschichten die im Heißmischverfahren hergestellten Asphaltdecken eingebaut: bitumengebundene Tragschicht, Binder- und Deckschicht.

2.4.1 Bitumengebundene Tragschichten im Heißeinbau

Diese Tragschichten werden aus bituminösem Mischgut hergestellt, welches aus primären Gesteinskörnungen, Asphaltfräsgut, Bitumen und Zusätzen besteht und nach Gewicht oder Volumen dosiert wird. Für alle in diesem Dokument angeführten Mischungen wurde als Bindemittel ein polymermodifiziertes Bitumen - „Hard“-Bitumen – vorgesehen.

2.4.2 Bitumengebundene kaltrecycelte Tragschichten

Bei kaltrecycelten Tragschichten werden polymermodifizierte Bitumenemulsionen und Zement verwendet. Der hohe Bitumenemulsionsanteil, das polymermodifizierte Bitumen als Bindemittel und der Zement verleihen dem Gemisch eine höhere Zähigkeit und Ermüdungsfestigkeit. Die Wiederverwertung und Aufbereitung des recycelten Mischgutes im Kalteinbau kann mit mobilen Anlagen, die zeitweilig neben der Baustelle eingerichtet werden, oder unmittelbar am Einbauort mit einem Recycling-Zug erfolgen. Der Recyclingzug besteht zumeist aus einer Asphaltfräse, einem Pulvimermixer zum gleichmäßigen Brechen des Fräsgutes und Vermischen mit Bitumenemulsion und Zement, einem Wassertank, einem Bitumenemulsionstank, sowie Gräder, Rüttel- und Gummiradwalze.

2.4.3 Binderschichten

Binderschichten werden aus bituminösem Mischgut im Heißmischverfahren hergestellt, das nach Gewicht oder Volumen dosiert wird und aus primären Gesteinskörnungen, Asphalt-Fräsgut, Bitumen und Zusätzen besteht. Als Bindemittel ist ein polymermodifiziertes Bitumen - „Hard“-Bitumen – vorgesehen.

2.4.4 Verschleißschichten

Verschleißschichten werden aus bituminösem Mischgut im Heißmischverfahren hergestellt, das nach Gewicht- oder Volumen dosiert wird und aus primären Gesteinskörnungen, Bitumen und Zusätzen besteht. In diesem Dokument werden geschlossene Deckschichten oder Splittmastix-Deckschichten beschrieben; in beiden Fällen kommt als polymermodifiziertes Bitumen ein „Hard“-Bitumen als Bindemittel zum Einsatz

3 – DIMENSIONIERUNGSFAKTOREN

3.1 Berechnungsmethode

Die Dimensionierung der in diesem Dokument angeführten Schichtstärken des Oberbaus erfolgte mit der international gängigen Software BISAR von Shell Research. Mit dieser Software lassen sich die Spannungen, Verformungen und Vektoren an jedem beliebigen Punkt eines elastischen Mehrschichtsystems berechnen, welches einer oder mehreren einheitlich verteilten Lastwirkungen auf einer Kreisbahn ausgesetzt ist. Die Spannungen und Verformungen stellen ihrerseits die Eingangskennwerte für das Ermüdungsverhalten der einzelnen Baustoffe dar. Anhand der

Ermüdungskennwerte lässt sich die Anzahl der Lastwiederholungen aufgrund eines Bruchmechanismus ermitteln, bei dem es nicht zum plötzlichen Versagen kommt, sondern zu einer progressiven Minderung der Betriebslast bis zum Erreichen von nicht mehr akzeptablen Werten.

Die Auswahl der Rechen- und Ermüdungskennwerte erfolgte aufgrund von einschlägigen Richtlinien, wissenschaftlichen Publikationen sowie von neuesten Versuchsergebnissen.

3.2 Tragfähigkeit des Unterbaus

In diesem Dokument werden für den Unterbau drei verschiedene Tragfähigkeitsstufen angenommen. Die definierten Mindestwerte des Verformungsmoduls E_{v2} reichen von 80 MPa, über 120 MPa bis zu 160 MPa, bei einem Verhältnis $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$.

Die Bestimmung des Verformungsmoduls E_{v2} erfolgt mittels Lastplattendruckversuch nach DIN 18134. Die ersten beiden Werte wurden in den „Technischen Bestimmungen der Autonomen Provinz Bozen für den Straßenkörper“ jeweils für Straßen mit geringem und höherem Verkehrsaufkommen festgelegt. Der Wert E_{v2} von 160 MPa dagegen gilt für Unterbauten im Einschnitt von hochtragfähigem Material wie z.B. Fels, überkonsolidierte Grundmoräne usw., oder für einen verbesserten, kalk- und/oder zementstabilisierten Unterbau.

3.3 Verkehrslasten

Das Dokument unterscheidet neun Verkehrsklassen, die als Standardachslasten zu je 80 kN bei Radpaaren (ESAL) ausgedrückt werden. Für höher gelegene Zonen wurden keine Verkehrsklassen über 12 Mio. berechnet, da dieser Fall auch in Zukunft kaum eintreten wird.

Da eine Verkehrsstudie für die verschiedenen Straßen erhebliche Unterschiede in der Zusammensetzung der Fahrzeugtypen (Schwerfahrzeuge, PKW) ergeben hat, werden die Verkehrsklassen ausschließlich nach Standard-Achsen gegliedert. Die entsprechenden Daten werden für sämtliche Landesstraßen aufgrund der jährlichen Verkehrserhebungen bereitgestellt.

Für sämtliche Staats- und Landesstraßen liefert die Autonome Provinz Bozen die Anzahl der Fahrten nach Standardachsen über einen Zeitraum von 20 Jahren, und zwar aufgrund der Verkehrserhebungen und des prognostizierten Verkehrsanstiegs.

Für alle übrigen Straßen muss dieser Kennwert anhand der Anzahl der prognostizierten Schwerfahrzeuge mit dem entsprechenden Achsenäquivalenzkoeffizienten abgeleitet werden, der aufgrund der Verkehrszusammensetzung ermittelt wird.

3.4 Klimabereiche

Die mechanischen Eigenschaften von bituminösem Mischgut ändern sich stark mit der Temperatur. Daher werden in diesem Dokument vier verschiedene Klimabereiche unterschieden, die sich nach der Meereshöhe wie folgt unterteilen lassen:

- Klimabereich 1 unterhalb von 500 m Meereshöhe;
- Klimabereich 2 zwischen 500 und 1000 m Meereshöhe;
- Klimabereich 3 zwischen 1000 und 1500 m Meereshöhe;
- Klimabereich 4 oberhalb von 1500 m Meereshöhe;

Für jeden Klimabereich wurde eine Referenz-Wetterstation festgelegt. Da die Steifigkeit des bituminösen Mischgutes mit zunehmender Temperatur abnimmt, wurden jeweils Wetterstationen mit der geringsten Meereshöhe und der höchsten mittleren Jahresdurchschnittstemperatur ausgewählt. Dies sind Salurn, Kollmann, Tiers und Matsch (Tabelle 2).

	Klimabereich 1 Wetterstation von Salurn	Klimabereich 2 Wetterstation von Kollmann	Klimabereich 3 Wetterstation von Tiers	Klimabereich 4 Wetterstation von Matsch
Monat	Monatsmittel Lufttemperatur [°C]	Monatsmittel Lufttemperatur [°C]	Monatsmittel Lufttemperatur [°C]	Monatsmittel Lufttemperatur [°C]
Januar	0.9	0.1	-0.1	-1.3
Februar	3.3	2.9	1.0	-1.1
März	8.7	7.2	4.4	2.1
April	13.0	11.0	7.4	5.4
Mai	17.8	15.4	11.8	10.2
Juni	21.3	18.6	15.7	13.7
Juli	23.1	21.0	17.9	15.8
August	22.8	20.6	17.8	15.8
September	18.1	16.4	13.9	11.2
Oktober	12.1	11.8	9.5	7.0
November	5.7	5.5	4.0	1.8
Dezember	1.6	1.0	0.3	-1.5

Tabelle 2 - Temperatur-Monatsmittel laut Aufzeichnungen der Referenz-Wetterstationen im Jahr 2014

Die vier Klimastufen weisen auch unterschiedliche Bedingungen hinsichtlich der Frosthäufigkeit und -Tiefe auf. Für die Dimensionierung des Oberbaus wurde der Einfluss des Frostes nicht berücksichtigt, allerdings gilt es, entsprechende Vorkehrungen zu treffen, wie in Abschnitt 4 angeführt. Für die Klimabereiche mit Frostgefahr wird daher auf die Notwendigkeit hingewiesen, eine entsprechende Frostschutzschicht (Frostkoffer) einzubauen.

3.5 Baustoffe

Das Dokument sieht jene Baustoffe vor, welche üblicherweise für das Südtiroler Straßennetz verwendet werden. Dazu gehören auch Recyclingmaterial wie Fräss asphalt, sowie kalk- und/oder zementstabilisiertes Lockermaterial.

Mit Ausnahme von Straßen mit einem geringen Verkehrsaufkommen (weniger als 0,5 Mio. ESAL) sieht man im Dokument die Möglichkeit vor, für den Oberbau entweder ungebundene Tragschichten oder Tragschichten aus zementstabilisiertem Material - auch Recyclingmaterial - zu verwenden (gegebenenfalls nach einer Vorbehandlung mit Kalk).

Für Straßen mit einem höheren Verkehrsaufkommen ist der Einbau einer hydraulisch gebundenen Tragschicht und gegebenenfalls das Ersetzen der „Bitumengebundenen Tragschicht im Heißeinbau“ durch eine „kaltrecycelte Tragschicht mit Schaumbitumen oder mit modifizierter Bitumenemulsion“ vorgesehen.

Als Bindemittel ist ein polymermodifiziertes Bitumen - „Hard“-Bitumen – vorgesehen.

Die Eigenschaften der Zuschlagstoffe (Gesteinskörnungen, Bitumen, Zement, usw.) und der Gemische werden von den Technischen Richtlinien der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol definiert.

4 – FROSTSCHUTZ

In Klimabereichen, in denen sich im Untergrund Frost bilden kann, muss unter dem im Verzeichnis vorgesehenen Schichtpaket von Asphaltdecken und Tragschichten eine Frostschutzschicht (Frostkoffer) in geeigneter Stärke eingebracht werden.

Die Frosttiefe ist im Vorfeld anhand von historischen Klimadaten bzw. anhand von Schürfen zu ermitteln. Um auf der sichereren Seite zu bleiben und um die größere Eindringtiefe des Frostes in porösem Material zu berücksichtigen, muss diese Tiefe um 30% erhöht werden (effektive Frosttiefe = ermittelte Frosttiefe [cm] + 30%).

Liegt die effektive Frosttiefe innerhalb der bituminös gebundenen Schichten, kann vom Einbau einer Frostschutzschicht (Frostkoffer) abgesehen werden. Liegt die effektive Frosttiefe innerhalb des vom Verzeichnis vorgesehenen Schichtpaketes und der Abstand zwischen der effektiven Frosttiefe und dem Planum an der Basis des obgenannten Schichtpaketes ist ≤ 30 cm, muss eine Antikapillarschicht von 30 cm Schichtstärke eingebaut werden, wozu gegebenenfalls ein Teil des Unterbaus auszutauschen ist. Liegt die Frosttiefe mehr als 30 cm unterhalb des vorgesehenen Schichtpakets, so muss zwischen der Antikapillarschicht und dem Planum an der Basis des obgenannten Schichtpaketes eine ungebundene Tragschicht eingebaut werden.

Die Antikapillarschicht verhindert nicht nur aufsteigende Wasserzutritte aus dem Unterbau, sondern kann auch als Dränage für die Straßenböschung und die unmittelbare Umgebung der Straße fungieren; dieses Wasser ist aufzufangen und abzuleiten. Dazu muss das Planum an der Basis der Antikapillarschicht eine Neigung von mindestens 4% aufweisen. An der tiefer gelegenen Seite ist etwa 30 cm unterhalb des Planums ein im Filterkies eingebettetes Entwässerungsrohr zu verlegen (Abb. 1).

Die Antikapillarschicht besteht aus natürlichem körnigen Schüttgut (Kies, Mittelkies, Feinkies) mit einer Korngrößenverteilung zwischen 8 und 50 mm, mit einem Feinanteil < 2mm von max. 15 Gewichtsprozent, und einem Anteil <0,063 mm von max. 3%.

Im natürlichen Schüttgut dürfen keine instabilen Bestandteile (frostanfällig, weich, löslich, u. ä.) oder organische Reste enthalten sein; gebrochenes Material kann verwendet werden.

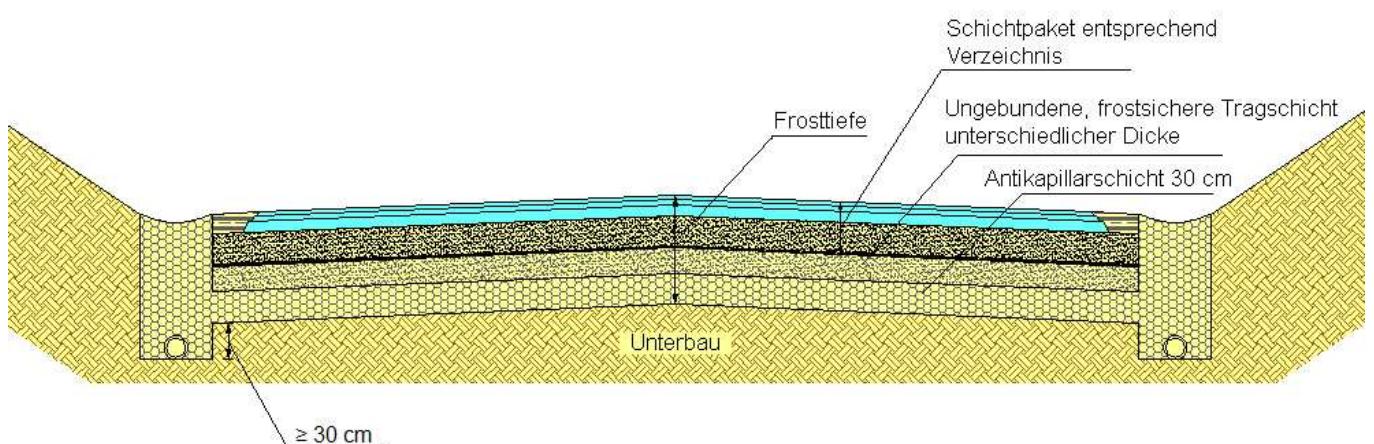


Abb. 1 - Aufbau der Fahrbahndecke

5 – HINWEISE ZUR KORREKten ANWENDUNG DES VERZEICHNISSES

Die korrekte Anwendung setzt voraus, dass die Höhenlage (Meereshöhe) des Straßenabschnitts, die Tragfähigkeit des Unterbaus und die Verkehrslasten bekannt sind, welche während der geplanten Lebensdauer (die allgemein mit 20 Jahren veranschlagt wird) der Straße auftreten.

Auf der Website: <http://www.provinz.bz.it/hochbau/themen/geologie.asp> können die aufgrund der Verkehrserhebungen und des prognostizierten Verkehrsanstiegs für die kommenden 20 Jahre berechneten Verkehrslasten nach 80 kN-Standardachsen abgerufen werden.

Für die übrigen Straßen kann die Berechnung der Verkehrslasten nach Anzahl der Standardachsen für die betreffende Straße anhand der Anzahl der prognostizierten Schwerfahrzeuge mit dem entsprechenden Achsenäquivalenzkoeffizienten abgeleitet werden.

Anhand der Eingabedaten kann man:

1. die entsprechende Übersicht aufgrund der Höhe der Fahrbahndecke über dem Meeresspiegel (500 m, 500-1000 m, 1000-1500 m , über 1500 m Meereshöhe) ermitteln;
2. die entsprechende Spalte für die prognostizierte Verkehrslast (80 kN-Standardachsen) auswählen (unter 0,5 Mio., 0,5-1 Mio., 1-2 Mio., 2-4 Mio., 4-8 Mio., 8-12 Mio., 12-20 Mio.,)
3. die entsprechende Zeile zur Tragfähigkeit des Unterbaus ermitteln: $E_{v2} = 80 \text{ MPa}$, $E_{v2} = 120 \text{ MPa}$, $E_{v2} = 160 \text{ MPa}$ (bei Zwischenwerten geht man vom niedrigsten Wert im betreffenden Intervall aus)
4. im jeweiligen Feld den optimalen Schichtverbund je nach verfügbaren Baustoffen, Baustellenlogistik, ökonomischen und ökologischen Kosten wählen.

Es folgt ein **Anwendungsbeispiel** für das Verzeichnis.

Die zu dimensionierende Fahrbahndecke liegt auf 400 m Meereshöhe, die prognostizierte Verkehrslast für die ersten 20 Jahre liegt bei 11,3 Mio. ESAL à 80 kN, die Tragfähigkeit des Unterbaus E_{v2} beläuft sich auf 130 MPa.

Hier ist Übersicht Nr. 2 (Höhenlage <500 Höhenmeter, Verkehrslast 4-20 Mio.) heranzuziehen.

Auszuwählen ist die zweite Spalte (Verkehrslast 8-12 Mio. ESAL).

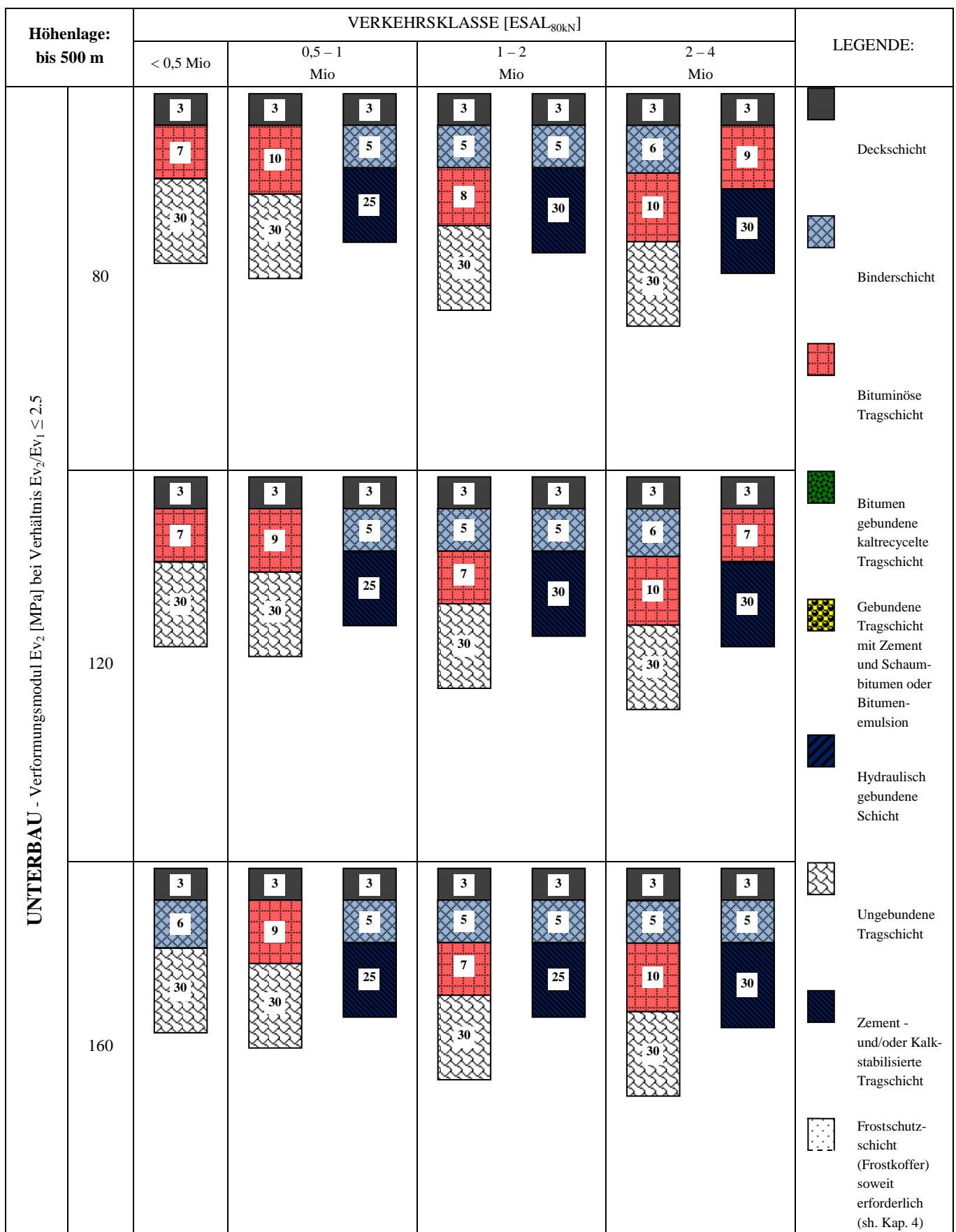
Dann wird die mittlere Zeile ausgewählt; Tragfähigkeit des Unterbaus E_{v2} von 120 MPa (der erste prognostizierte Wert unterhalb des angenommenen Wertes).

Für diese Rahmenbedingungen finden sich im Verzeichnis drei Projektlösungen:

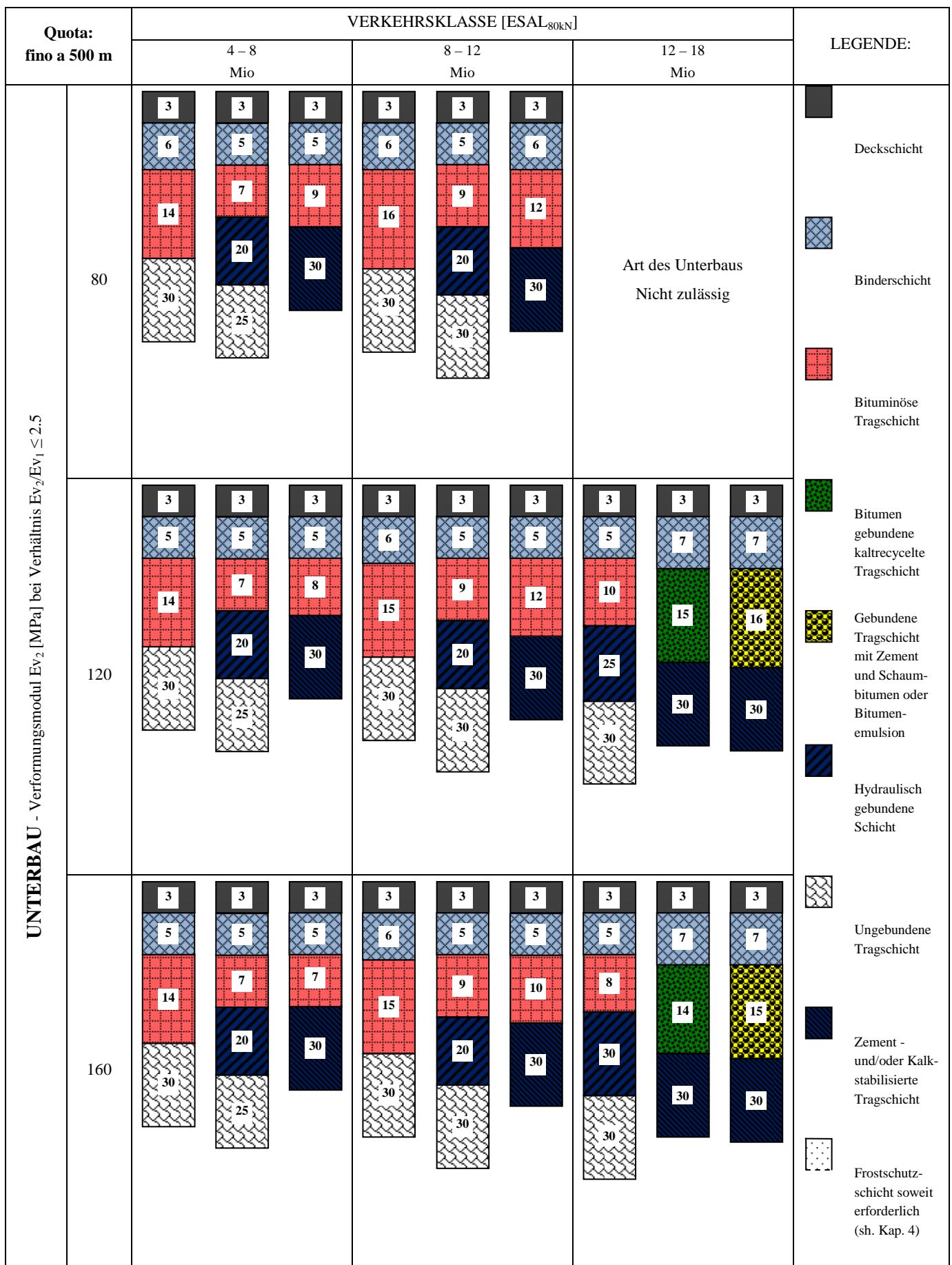
- A. 3 cm Asphaltdeckschicht (Verschleißschicht), 6 cm Binderschicht, 15 cm bitumengebundene Tragschicht im Heißeinbau, 30 cm ungebundene Tragschicht;
- B. 3 cm Asphaltdeckschicht (Verschleißschicht), 5 cm Binderschicht, 9 cm bitumengebundene Tragschicht im Heißeinbau, 20 cm hydraulisch gebundene untere Tragschicht, 30 cm ungebundene Tragschicht;
- C. 3 cm Asphaltdeckschicht (Verschleißschicht), 5 cm Binderschicht, 12 cm bitumengebundene Tragschicht im Heißeinbau, 30 cm zementstabilisierte Tragschicht;

Alle drei Schichtpakete sind gleichwertig, was die Leistung betrifft. Damit steht es den Projektanten frei, jenes Schichtpaket auszuwählen, welches nach ihrem Dafürhalten für den betreffenden Fall am besten geeignet ist.

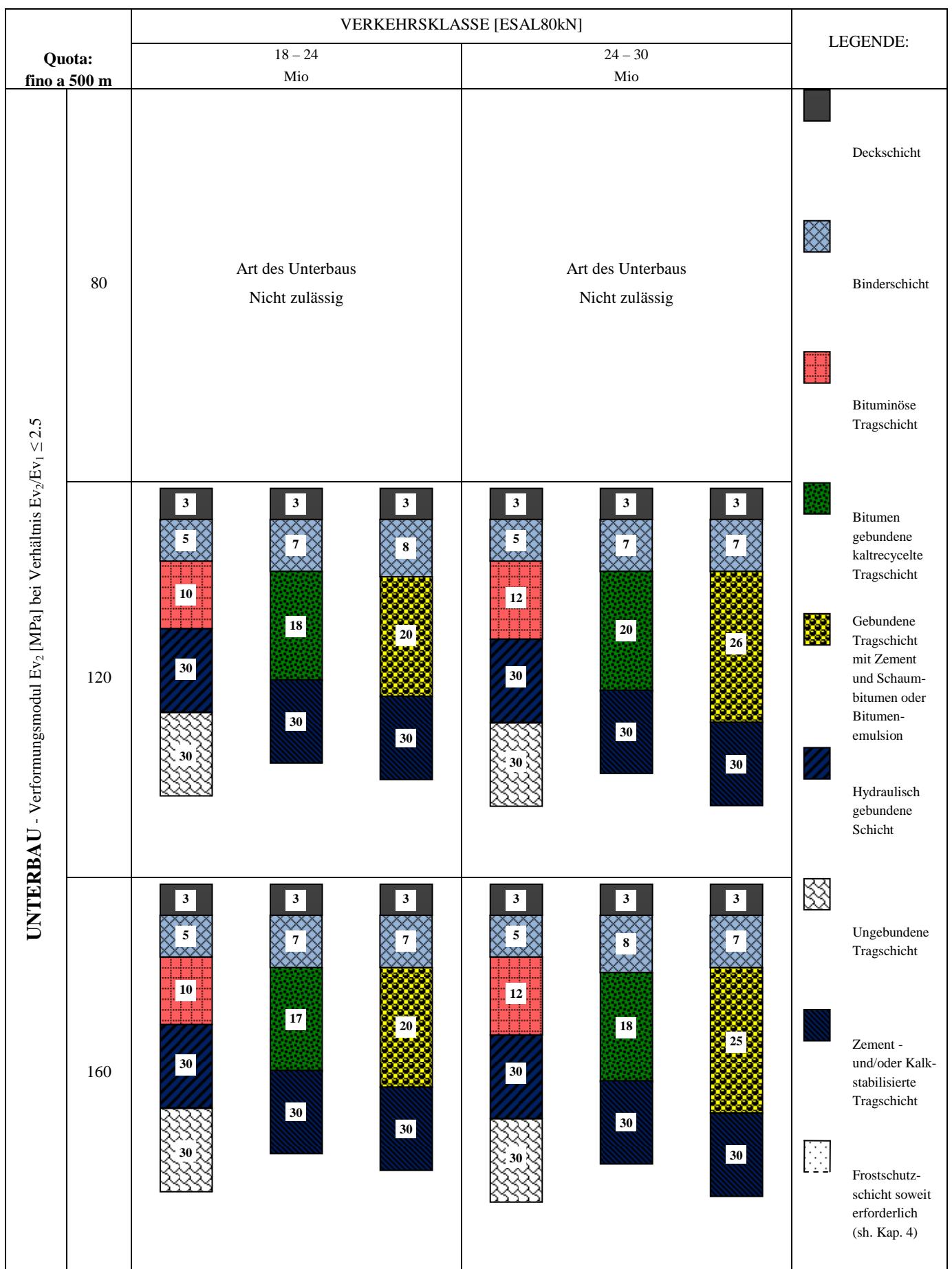
6 – TECHNISCHE DATENBLÄTTER



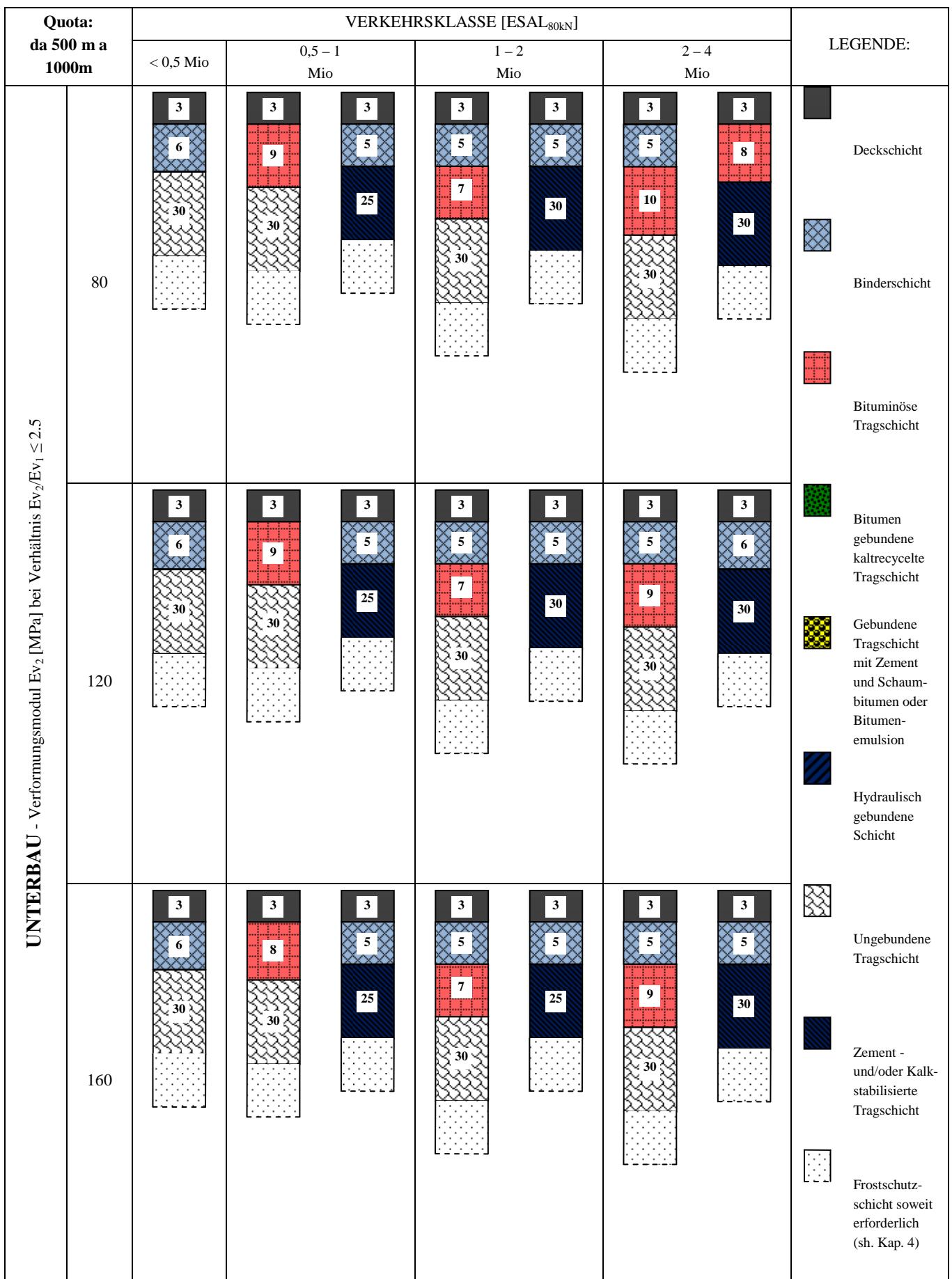
Übersicht 1: Höhe < 500 m, Verkehrsklasse von 1 - 4



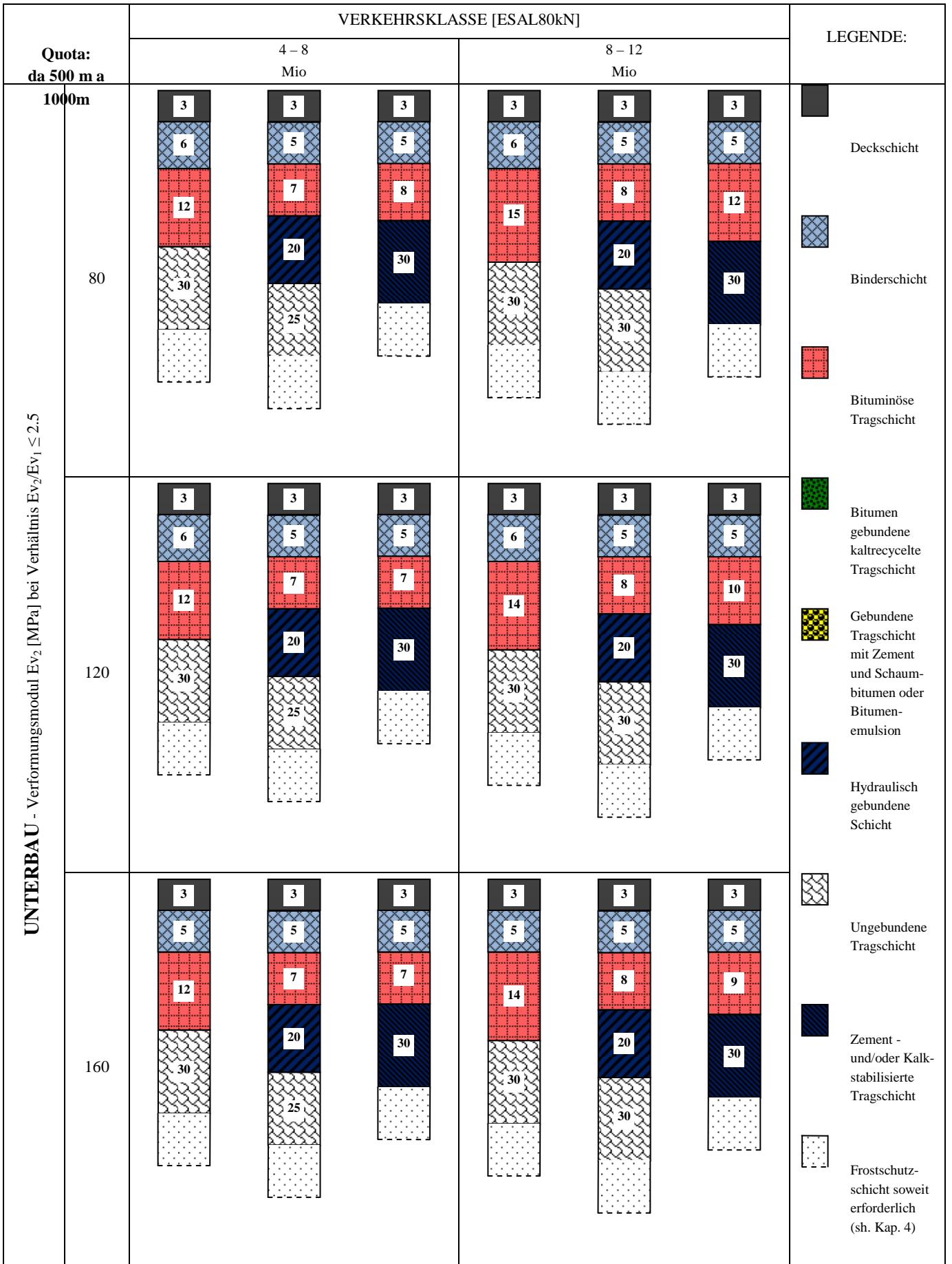
Übersicht 2: Höhe < 500 m, Verkehrsklasse von 5 - 7



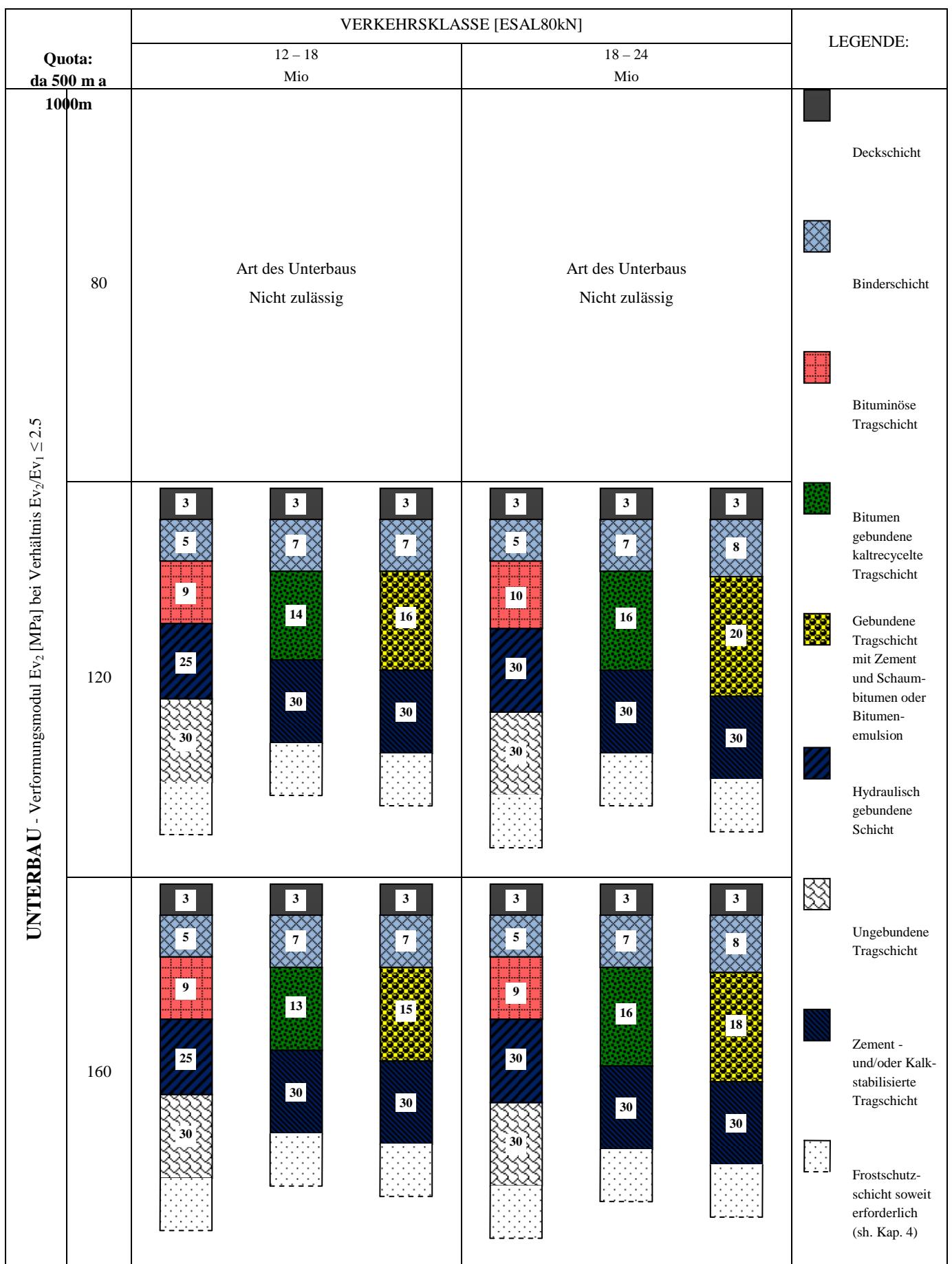
Übersicht 3: Höhe < 500 m, Verkehrsklasse von 8 und 9



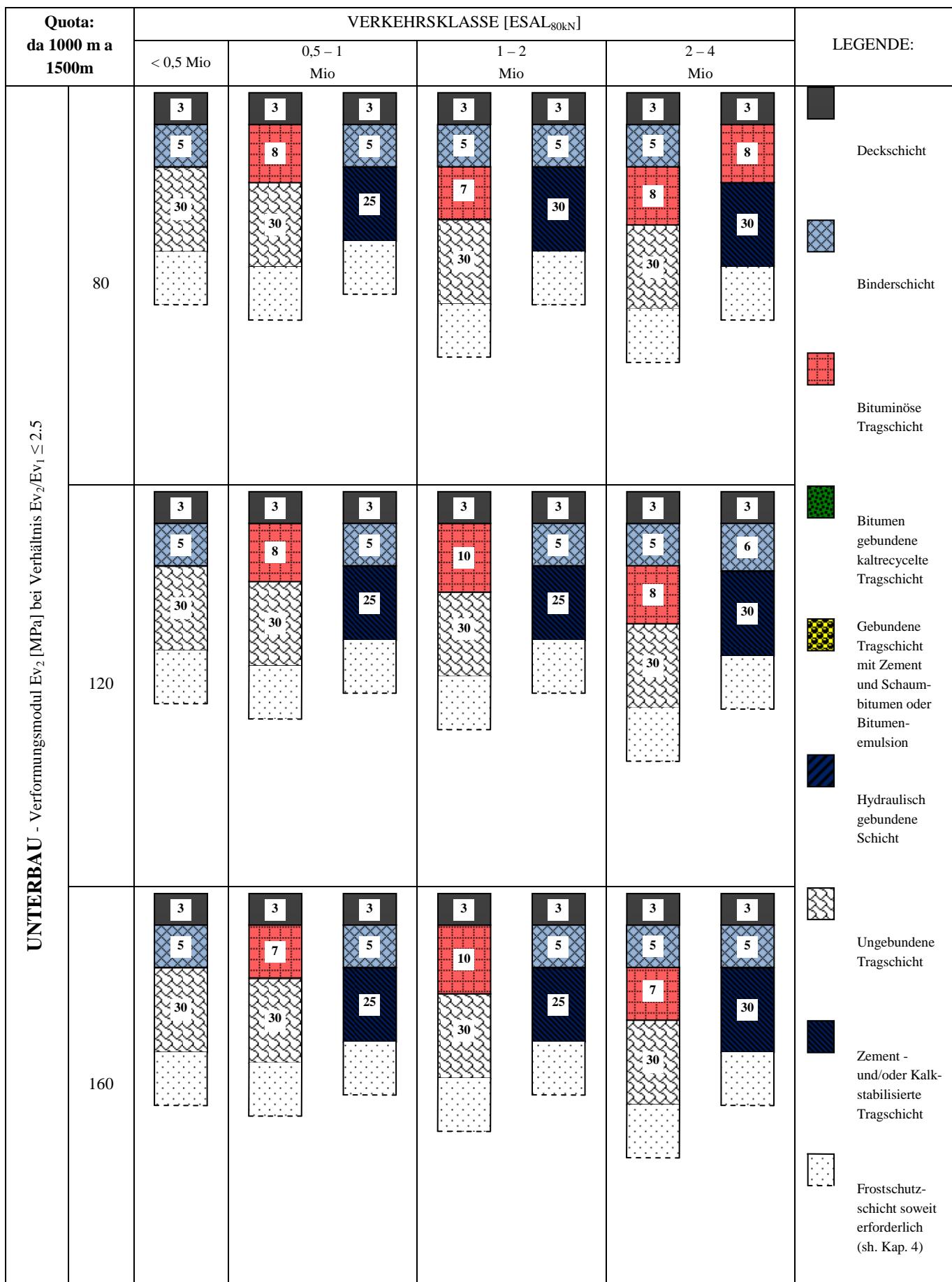
Übersicht 4: Höhe 500-1000 m, Verkehrsklasse von I - 4



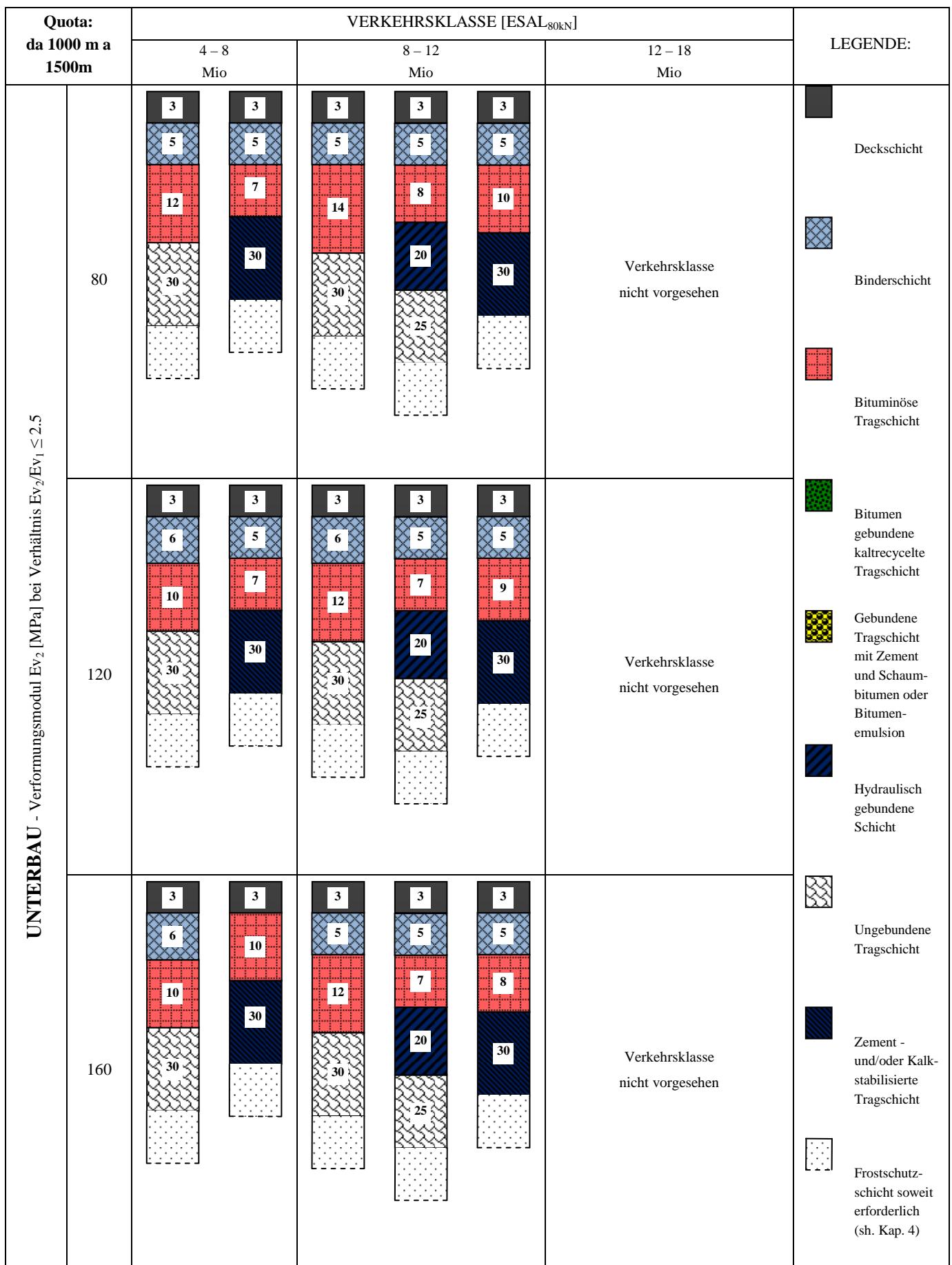
Übersicht 5: Höhe 500-1000 m, Verkehrsklasse 6 und 7



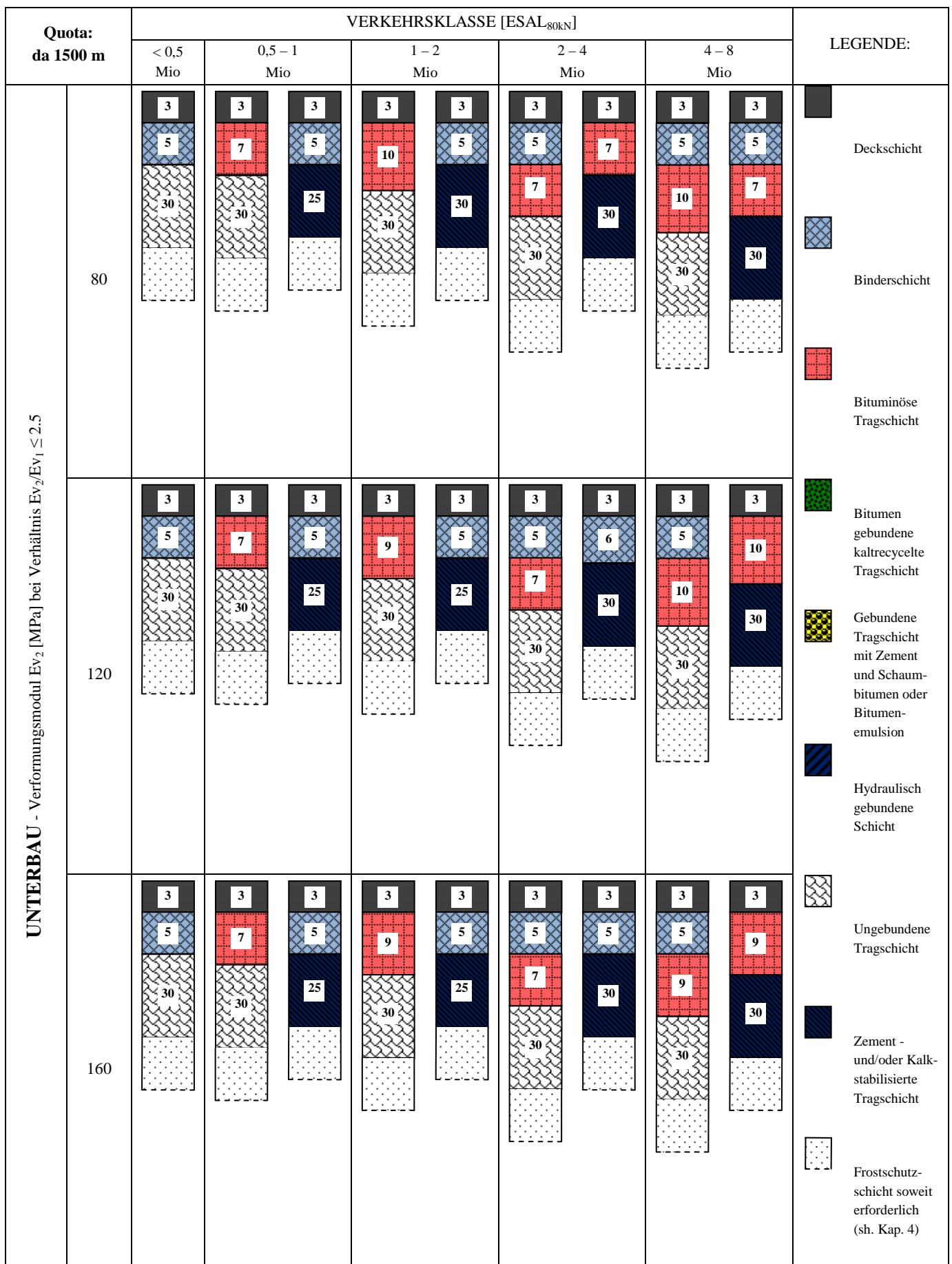
Übersicht 6: Höhe 500-1000 m, Verkehrsklasse 7 und 8



Übersicht 7: Höhe 1000-1500 m, Verkehrsklasse von 1 - 4



Übersicht 8: Höhe 1000-1500 m, Verkehrsklasse 5 und 6



Übersicht 9: Höhe > 1500 m, Verkehrsklasse von 1 - 5

7 – LITERATURVERZEICHNIS

- Airey G. D., "Fundamental binder and practical mixture evaluation of polymer modified bituminous materials", International Journal on Pavement Engineering, Band 5, S. 137-151, 2004.
- Bahia H. U., Hanson D. I., Zeng H., Zhai H., Khatri M. A., Anderson R. M., "Characterization of modified asphalt binders in superpave mix design", NCHRP report 459, Washington D.C., 2001.
- Bocci M., Cardone F., Cerni G., Santagata E., "Rheological characterization of the fatigue resistance of asphalt binders", ISAP conference, Quebec City, Canada, 2006.
- Bonnetti K., Nam K., Bahia H. U., "Measuring and defining fatigue behavior of asphalt binder", 8th TRB annual meeting, Washington D.C., 2002.
- De Beer M., "Aspects of the design and behavior of road structures incorporating lightly cementitious layers", PhD dissertation, Pretoria, 1990.
- Finn F., Saraf C., Kulkarni R., Nair K., Smith W. and Abdullah A., "The use of distress prediction subsystems for the design of pavement structures", 4th International conference on structural design of asphalt pavements, 1977.
- Grilli A., Bocci E., Graziani A., "Influence of reclaimed asphalt content on the mechanical behavior of cement-treated mixtures", International Journal of Road Materials and Pavement Design, Vol.14, Issue 3, S. 666-678, 2013.
- Jenkins K. J., Van de Ven M. F. C., de Groot J. L. A., "Characterisation of foamed bitumen", 7th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa, 1999.
- Jenkins K. J., "Mix design considerations for cold and half-warm bituminous mixes with emphasis on foamed bitumen", PhD Dissertation, University of Stellenbosch, 2000.
- Isacsson U. and Lu X., "Properties of bitumens modified with elastomers and plastomers", 2th Euroasphalt & Eurobitume Congress, Barcelona, Spanien, 2000.
- Lesueur D., "The colloidal structure of bitumen: Consequences on the rheology and on the mechanisms of bitumen modification", International Journal on Advances in colloid and interface science, Band 145, S. 42-82, 2009.
- Liebenberg J. J. E., Visser A. T., "Towards a mechanical structural design procedure for emulsion-treated base layers", Journal of the South African Institution of Civil Engineering, 2004.
- Liebenberg J. J. E., "A structural design procedure for emulsion treated pavement layers", PhD dissertation, University of Pretoria, 2003.
- Loizos A., Collings D., Jenkins K., "Rehabilitation of a major Greek highway by recycling/ stabilising with foamed bitumen", 8th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa, 2004.
- Long F., H. Theyse, "Mechanical-empirical structural design models for foamed and emulsified bitumen treated materials", 8th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa, 2004.
- Raffaelli D., "Foamed asphalt base stabilization", Institute of Transportation Studies, University of California Berkeley, 2004.
- Theyse H. L., de Beer M., Rust F. C., "Overview of South African mechanistic pavement design method", Transport Research Record 1539, 1996.
- Theyse H. L., Muthern M. "Pavement analysis and design software (PADS) based on the South African mechanistic-empirical design method", CSIR, Pretoria, 2000.
- Yetkin Y., "Polymer modified asphalt binders", International Journal on Construction and building materials, Band. 21, S. 66-72, 2007.



PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO

CATALOGO PER IL DIMENSIONAMENTO DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI

INDICE

1 – INTRODUZIONE	3
2 – DEFINIZIONI	3
2.1 Pavimentazione stradale	3
2.2 Sottofondo	3
2.3 Strati di fondazione	4
2.3.1 Misto granulare	4
2.3.2 Fondazione stabilizzata a cemento e/o calce	4
2.3.3 Fondazione stabilizzata a cemento con bitume schiumato e/o emulsione bituminosa	4
2.4 Pavimentazioni bituminose	4
2.4.1 Strato di base in conglomerato bituminoso a caldo	5
2.4.2 Base riciclata a freddo con emulsione di bitume modificato	5
2.4.3 Binder	5
2.4.4 Tappeto di usura	5
3 – FATTORI DEL DIMENSIONAMENTO	5
3.1 Metodo di calcolo	5
3.2 Portanza dei sottofondi	6
3.3 Carichi di traffico	6
3.4 Zone climatiche	6
3.5 Materiali	7
4 – PROTEZIONE DAL GELO	8
5 – GUIDA ALL’UTILIZZO DEL CATALOGO	9
6 – SCHEDE TECHNICHE	10
7 – BIBLIOGRAFIA	19

1 – INTRODUZIONE

Il presente Catalogo offre all'ingegnere stradale una serie di pavimentazioni valide per le condizioni di traffico e ambientali tipiche della Provincia Autonoma di Bolzano.

L'ambito di applicazione di questo Catalogo riguarda sia la progettazione di nuove strade che gli interventi di manutenzione straordinaria che prevedono il rifacimento totale della pavimentazione.

Le pavimentazioni considerate sono di tipo flessibile e di tipo semirigido. I materiali previsti sono quelli usualmente impiegati sulla rete stradale della Provincia Autonoma di Bolzano, compresi quelli di riciclo, quali il conglomerato bituminoso di recupero (fresato) e le terre stabilizzate con calce e/o cemento. I conglomerati bituminosi di tutte le pavimentazioni proposte sono stati considerati con impiego di bitume modificato di tipo hard. Le caratteristiche dei materiali sono quelle contenute nelle Norme Tecniche della Provincia Autonoma di Bolzano.

Il catalogo prevede 4 zone climatiche individuate in relazione alle loro altitudine. Per ogni zona vengono indicate pavimentazioni riferite a tre livelli di portanza del sottofondo e nove classi di traffico espresse in termini di assi standard da 80 kN a ruote gemellate (ESAL).

Preliminare alla redazione del catalogo è stata eseguita una indagine sulla composizione (tipo di veicoli) del traffico pesante su alcune strade della Provincia rappresentative di ambiti territoriali e carichi di traffico diversi. Dallo studio del traffico è emerso che il coefficiente di equivalenza tra il numero di mezzi pesanti ed il numero di assi standard varia in modo rilevante da strada a strada. Si è pertanto deciso di organizzare il Catalogo in riferimento solo agli assi standard, che per tutte le strade provinciali verrà fornito dalla Provincia Autonoma di Bolzano, sulla base del rilievo annuale dei flussi di traffico.

Per tutte le altre strade deve essere ricavato a partire dal numero di veicoli pesanti previsti, adottando il coefficiente di equivalenza più opportuno, individuato sulla base della composizione (spettro di traffico) dei veicoli.

2 – DEFINIZIONI

2.1 *Pavimentazione stradale*

La pavimentazione stradale o sovrastruttura è la parte del corpo stradale costituita da un insieme di strati sovrapposti, di materiali e spessori diversi aventi funzione di sopportare le azioni indotte dal traffico e di trasmetterle e distribuirle, opportunamente attenuate, al terreno di appoggio (sottofondo), nonché di garantire agli utenti condizioni di sicurezza e confort di marcia.

2.2 *Sottofondo*

Il sottofondo è il volume di terra al di sotto della pavimentazione stradale dove sono apprezzabili gli effetti delle sollecitazioni prodotte dai carichi veicolari.

Il sottofondo deve garantire buone condizioni di portanza nelle diverse condizioni ambientali in cui può venire a trovarsi. Per questo, quando necessario deve essere protetto dall'azione dell'acqua e del gelo.

2.3 Strati di fondazione

Gli strati di fondazione costituiscono il pacchetto della pavimentazione stradale appoggiato sopra al sottofondo. Possono essere realizzati con misto granulare oppure con materiali di riciclo conformi alla normativa UNI EN 13242 (scarti di costruzione e demolizione di opere edili, fresato di conglomerato bituminoso, vecchia fondazione stradale, materiali provenienti dagli scavi, ecc.), con e senza trattamento di stabilizzazione con cemento e/o calce.

La stabilizzazione si rende necessaria solo quando l'impiego diretto non consente di raggiungere i requisiti di portanza e di stabilità al gelo previsti dalle Norme Tecniche di Capitolato.

2.3.1 Misto granulare

Il misto granulare naturale è una miscela di aggregati di primo impiego generalmente disponibile in frazione unica 0/D.

2.3.2 Fondazione stabilizzata a cemento e/o calce

La tecnica consiste nella realizzazione di strati di fondazione con miscele di terre e di aggregati stabilizzate a cemento (eventualmente dopo un pre-trattamento con calce) e rappresenta una valida alternativa al tradizionale impiego di misti granulari.

L'impiego della calce, in aggiunta al cemento, si rende necessario nei casi in cui il materiale da stabilizzare presenta Indice di Plasticità IP > 6, cioè quando la miscela di aggregati contiene una significativa presenza di materiali fini (plastici) di natura argillosa.

L'individuazione del tipo di legante (calce e/o cemento) e del dosaggio da adottare per il raggiungimento delle prestazioni previste devono scaturire da specifiche indagini di laboratorio.

2.3.3 Fondazione stabilizzata a cemento con bitume schiumato e/o emulsione bituminosa

Nelle pavimentazioni di concezione più recente lo strato di fondazione viene realizzato con miscele che oltre al cemento contengono anche un legante bituminoso in forma di schiuma o di emulsione bituminosa. Questa tecnica è stata sviluppata nell'ambito del riciclaggio a freddo delle pavimentazioni stradali, ma viene impiegata anche nella costruzione di nuove pavimentazioni sia per l'opportunità di utilizzare una più vasta gamma di aggregati (naturali o di riciclo purché conformi alla normativa UNI EN 13242), che per il maggiore livello prestazionale offerto rispetto al misto cementato.

2.4 Pavimentazioni bituminose

Nelle pavimentazioni flessibili sopra allo strato di fondazione vengono realizzati gli strati di conglomerato bituminoso a caldo: base, binder e tappeto di usura.

2.4.1 Strato di base in conglomerato bituminoso a caldo

Lo strato di base a caldo è un conglomerato bituminoso, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati lapidei di primo impiego, conglomerato di recupero (fresato), bitume e additivi. In questo catalogo è stato considerato che il legante sia un bitume modificato con polimeri di tipo “hard”.

2.4.2 Base riciclata a freddo con emulsione di bitume modificato

Nel conglomerato riciclato a freddo per strati di base si utilizzano emulsioni di bitume modificato e cemento. La notevole presenza di emulsione bituminosa, il legante bituminoso modificato con polimeri, il cemento conferiscono alla miscela una maggiore duttilità ed una maggiore resistenza a fatica. Il conglomerato bituminoso riciclato a freddo può essere realizzato con impianti mobili (installati provvisoriamente vicino al cantiere), o direttamente in situ mediante un “treno” di riciclaggio costituito da: fresa, macchina stabilizzatrice (tale da disgregare i grumi del conglomerato fresato e miscelare omogeneamente l'emulsione ed il cemento), autobotte per l'acqua, autobotte per l'emulsione, livellatrice, rullo vibrante e rullo gommato.

2.4.3 Binder

Lo strato di binder è un conglomerato bituminoso impastato a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati lapidei di primo impiego, conglomerato di recupero (fresato), bitume e additivi. In questo catalogo è stato considerato che il legante sia un bitume modificato con polimeri di tipo “hard”.

2.4.4 Tappeto di usura

Il tappeto di usura è un conglomerato bituminoso impastato a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati lapidei di primo impiego, bitume e additivi. In questo catalogo è stato considerato un tappeto tradizionale chiuso o tipo splittmastix, in entrambi i casi il legante è un bitume modificato con polimeri di tipo “hard”.

3 – FATTORI DEL DIMENSIONAMENTO

3.1 Metodo di calcolo

Le pavimentazioni proposte nel Catalogo sono state dimensionate mediante il software BISAR, sviluppato dalla Shell Research e ampiamente diffuso a livello internazionale. Tale software permette di calcolare le tensioni, le deformazioni e gli spostamenti in ogni punto di un sistema a multistrato elastico sottoposto a uno o più carichi uniformemente distribuiti su di un'impronta circolare. A loro volta, le tensioni e le deformazioni costituiscono i parametri di ingresso delle leggi di fatica (leggi di decadimento) relative a ciascun materiale. Tali leggi di fatica permettono di stabilire il numero di ripetizioni di carico ammissibile secondo un meccanismo di rottura che non arriva al collasso istantaneo, ma per progressiva riduzione del livello di servizio fino a valori non più tollerabili.

I parametri di calcolo e le leggi di fatica impiegate sono scelti facendo riferimento alle prescrizioni normative, alla letteratura scientifica e alla esperienze sperimentali più recenti.

3.2 Portanza dei sottofondi

Le pavimentazioni del Catalogo sono riferite a tre diversi livelli di portanza dei sottofondi individuati dai valori del Modulo di Deformazione E_{v2} di 80 MPa, 120 MPa e 160 MPa, con rapporto $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$.

Il Modulo di Deformazione E_{v2} viene determinato con prove di carico su piastra a doppio ciclo eseguite secondo la Normativa DIN 18134.

I primi due valori sono quelli previsti per il corpo stradale dalle Norme Tecniche della Provincia Autonoma di Bolzano, rispettivamente per le strade a basso traffico ed a traffico più elevato. Il valore di E_{v2} corrispondente a 160 MPa è invece da considerare per i sottofondi in trincea costituiti da materiali ad elevata portanza (roccia, still di fondo sovra consolidato, ecc.), oppure per sottofondi realizzati con terre stabilizzate a calce e/o cemento.

3.3 Carichi di traffico

Il Catalogo è organizzato per 9 livelli di traffico individuati dal numero di passaggi di assi standard da 80 kN a ruote gemellate (ESAL). Per le zone a maggiore altitudine non vengono proposte pavimentazioni per i carichi di traffico più elevati (> 12 MLN), in quanto considerati irraggiungibili anche negli anni a venire.

Il riferimento agli assi standard invece che al numero di mezzi pesanti si è reso necessario perché è stato accertato che la composizione dello spettro di traffico (tipologie dei vari tipi di veicoli computati come mezzi pesanti) varia per le diverse strade della Provincia Autonoma di Bolzano.

Per tutte le strade statali e provinciali il numero di passaggi di assi standard, per una arco temporale di 20 anni, viene fornito dalla Provincia Autonoma di Bolzano, sulla base del rilievo dei flussi di traffico e del tasso di crescita ipotizzato.

Per tutte le altre strade deve essere ricavato a partire dal numero di veicoli pesanti previsti, adottando il coefficiente di equivalenza più opportuno, individuato sulla base della composizione (spettro di traffico) dei veicoli.

3.4 Zone climatiche

Il conglomerato bituminoso è un materiale che ha caratteristiche meccaniche diverse in relazione alla temperatura. Per tenere conto di questo aspetto, nella predisposizione del Catalogo sono state individuate 4 zone climatiche riferite all'altitudine sul livello del mare:

- Zona 1 sotto i 500 m slm;
- Zona 2 tra 500 e 1000 m slm;
- Zona 3 tra 1000 e 1500 m slm;
- Zona 4 oltre 1500 m slm.

Per ciascuna zona è stata individuata una stazione meteo di riferimento. Poiché le miscele bituminose diminuiscono la loro rigidezza all'aumentare della temperatura sono state scelte le

stazioni a minore quota sul livello del mare, con la maggiore temperatura media annua, rispettivamente Salorno, Colma Barbiano, Tires, Mazia (tabella 2).

	Zona climatica 1	Zona climatica 2	Zona climatica 3	Zona climatica 4
	Stazione meteo di Salorno	Stazione meteo di Colma Barbiano	Stazione meteo di Tires	Stazione meteo di Mazia
Mese	Temp. medie mensili [°C]	Temp. medie mensili [°C]	Temp. medie mensili [°C]	Temp. medie mensili [°C]
Gennaio	0.9	0.1	-0.1	-1.3
Febbraio	3.3	2.9	1.0	-1.1
Marzo	8.7	7.2	4.4	2.1
Aprile	13.0	11.0	7.4	5.4
Maggio	17.8	15.4	11.8	10.2
Giugno	21.3	18.6	15.7	13.7
Luglio	23.1	21.0	17.9	15.8
Agosto	22.8	20.6	17.8	15.8
Settembre	18.1	16.4	13.9	11.2
Ottobre	12.1	11.8	9.5	7.0
Novembre	5.7	5.5	4.0	1.8
Dicembre	1.6	1.0	0.3	-1.5

Tabella 2 - Temperature medie mensili registrate nel 2014 nelle stazioni meteo di riferimento

Le 4 zone climatiche hanno anche condizioni diverse rispetto al rischio gelo. Nel calcolo della pavimentazione non è previsto il *parametro gelo* ma il fenomeno deve essere evitato con specifici accorgimenti, come illustrato nel successivo paragrafo 4. Nel catalogo, per le zone a rischio gelo, si è però ritenuto opportuno segnalare la problematica indicando l'eventuale necessità di inserire uno strato antigelo.

3.5 Materiali

Il Catalogo prevede l'impiego dei materiali usualmente impiegati sulla rete stradale della Provincia Autonoma di Bolzano, compresi quelli di riciclo quali il conglomerato bituminoso di recupero (fresato) e le terre stabilizzate con calce e/o cemento.

Per quasi tutte le tipologie di pavimentazione proposte, escluse solo quelle interessate da un basso livello di traffico (inferiore a 0,5 milioni di ESAL), per lo strato di fondazione viene fornita l'alternativa tra l'impiego di misto granulare e di materiali, anche di riciclo, stabilizzati a cemento (se necessario dopo un pre-trattamento a calce).

Per i livelli di traffico più elevati viene previsto l'inserimento di uno strato di misto cementato e l'eventuale sostituzione della base in conglomerato bituminoso a caldo con una base a freddo realizzata con bitume schiumato o emulsione di bitume modificato.

I conglomerati bituminosi di base, binder ed usura prevedono sempre l'impiego di bitume modificato di tipo hard.

Le caratteristiche dei materiali costituenti (aggregati lapidei, bitume, cemento, ecc.) e delle miscele sono quelle previste dalle Norme Tecniche della Provincia Autonoma di Bolzano.

4 – PROTEZIONE DAL GELO

Nelle zone climatiche in cui ricorrono che le condizioni per la formazione del gelo nei sottofondi, al di sotto del pacchetto previsto dal Catalogo è necessario inserire un adeguato spessore di materiali antigelo.

Deve essere preliminarmente individuata la profondità di formazione del gelo sulla base di dati climatici storici o tramite saggi. A vantaggio di sicurezza e per tener conto della maggiore penetrazione del gelo nei materiali porosi, tale quota deve essere incrementata del 30% (quota di gelo effettiva = quota determinata [cm] + 30%).

Se la profondità del gelo interessa solo gli strati di conglomerato bituminoso, lo strato anticapillare di protezione antigelo può essere escluso. Quando la quota del gelo arriva dentro la pavimentazione prevista dal catalogo e la distanza tra la quota del gelo ed il piano d'appoggio della pavimentazione è minore o uguale a 30 cm, deve essere inserito uno strato anticapillare dello spessore di 30 cm, eventualmente rimuovendo una parte del sottofondo. Quando la *quota gelo* ipotizzata si trova 30 cm sotto il pacchetto di pavimentazione, sopra allo strato anticapillare, deve essere posto del misto granulare fino a raggiungere il piano di posa della pavimentazione.

Poiché lo strato anticapillare, oltre ad impedire la risalita dell'acqua dal sottofondo, può drenare acqua dalle scarpate o dai terreni adiacenti è necessario prevedere la raccolta e l'allontanamento di tale acqua. In tal senso è necessario che il piano di posa dello strato anticapillare abbia una pendenza non inferiore al 4% e che sul lato più basso sia previsto un tubo drenante posto circa 30 cm più in basso (fig. 1).

Lo strato anticapillare deve essere costituito da materiali naturali granulari (ghiaia, ghiaietto ghiaino), con granulometria compresa tra 8 e 50 mm, passante al setaccio da 2 mm non superiore al 15% in peso e, comunque, con un passante al setaccio 0,063 mm non superiore al 3%.

Il materiale deve risultare del tutto esente da componenti instabili (geline, tenere, solubili, etc.) e da resti vegetali; è ammesso l'impiego di materiali frantumati.

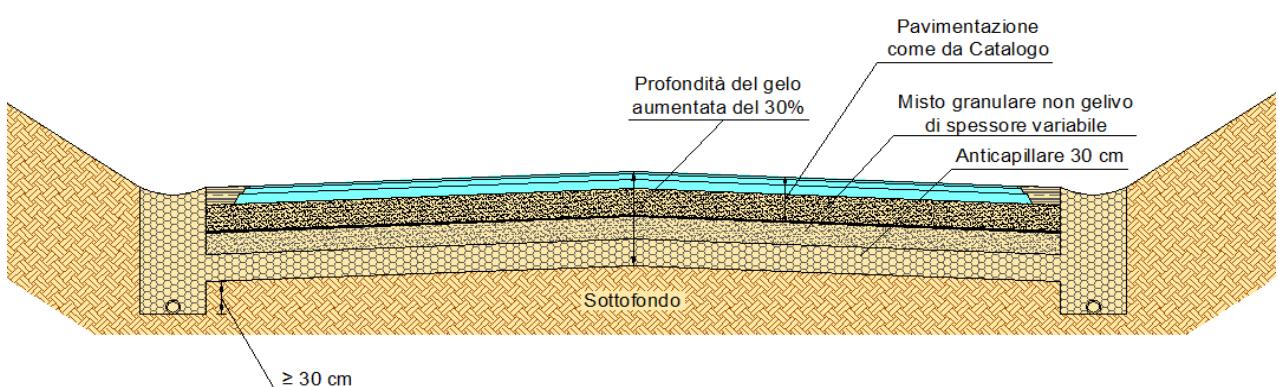


Figura 1 – Schema della pavimentazione

5 – GUIDA ALL’UTILIZZO DEL CATALOGO

Per l’utilizzo del Catalogo è necessario conoscere la quota alla quale si trova la pavimentazione, la portanza del terreno di sottofondo ed il carico di traffico previsto nell’arco di vita utile, generalmente assunto in 20 anni.

Per la rete stradale della Provincia Autonoma di Bolzano il carico di traffico in assi standard da 80 kN, calcolato per i successivi 20 anni sulla base del traffico rilevato e del tasso di crescita ipotizzato è reperibile sul sito <http://www.provincia.bz.it/edilizia/temi/geologia.asp>

Per le altre strade il progettista può ricavare il numero di assi standard che interesseranno la strada a partire dal numero di veicoli pesanti previsti, adottando il coefficiente di equivalenza più opportuno. Con i dati di ingresso disponibili si procede a:

1. individuare la scheda di riferimento in base alla quota della pavimentazione sul livello del mare (sotto i 500 m slm, tra 500 e 1000 m slm, tra 1000 e 1500 m slm, oltre 1500 m slm);
2. selezionare la colonna relativa al carico di traffico (assi standard da 80 kN) previsto (inferiore a 0,5 milioni, tra 0,5 e 1 milione, tra 1 e 2 milioni, tra 2 e 4 milioni, tra 4 e 8 milioni, tra 8 e 12 milioni, tra 12 e 18 milioni, tra 18 e 24 milioni, tra 24 e 30 milioni);
3. individuare la riga corrispondente alla portanza del sottofondo prevista: $E_{v2} = 80 \text{ MPa}$, $E_{v2} = 120 \text{ MPa}$, $E_{v2} = 160 \text{ MPa}$ (per valori intermedi si assume quello più basso dell’intervallo in cui è compreso).
4. scegliere, tra quelli presenti nella casella individuata, il pacchetto più opportuno in relazione ai materiali disponibili, alla logistica del cantiere, ai costi economici e ambientali.

Di seguito si riporta un **eSEMPIO DI UTILIZZO DEL CATALOGO**.

La pavimentazione da dimensionare è ubicata ad una quota sul livello del mare pari a 400 m, il carico di traffico previsto per i primi 20 anni di vita è di 11,3 milioni di ESAL da 80 kN, la portanza del sottofondo E_{v2} è pari a 130 MPa.

Lo schema da utilizzare è quello della scheda n. 2 (quota < 500 m, carico di traffico da 4 a 20 milioni).

La colonna da selezionare è la seconda (carico di traffico tra 8 e 12 milioni di ESAL).

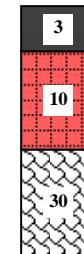
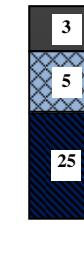
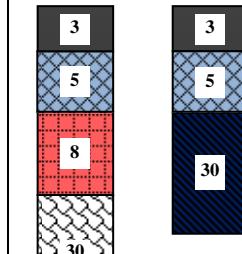
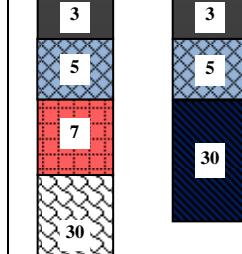
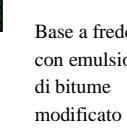
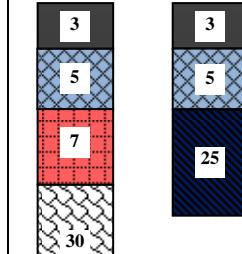
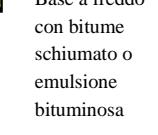
La riga da selezionare è quella centrale: portanza di sottofondo E_{v2} di 120 MPa (primo valore previsto inferiore a quello ipotizzato).

Per la situazione ipotizzata il Catalogo individua 3 soluzioni progettuali:

- A. 3 cm di tappeto di usura, 6 cm di binder, 15 cm di strato di base in conglomerato bituminoso a caldo, 30 cm di fondazione in misto granulare;
- B. 3 cm di tappeto di usura, 5 cm di binder, 9 cm di strato di base in conglomerato bituminoso a caldo, 20 cm di sottobase in misto cementato, 30 cm di fondazione in misto granulare;
- C. 3 cm di tappeto di usura, 5 cm di binder, 12 cm di strato di base in conglomerato bituminoso a caldo, 30 cm di fondazione stabilizzata a cemento.

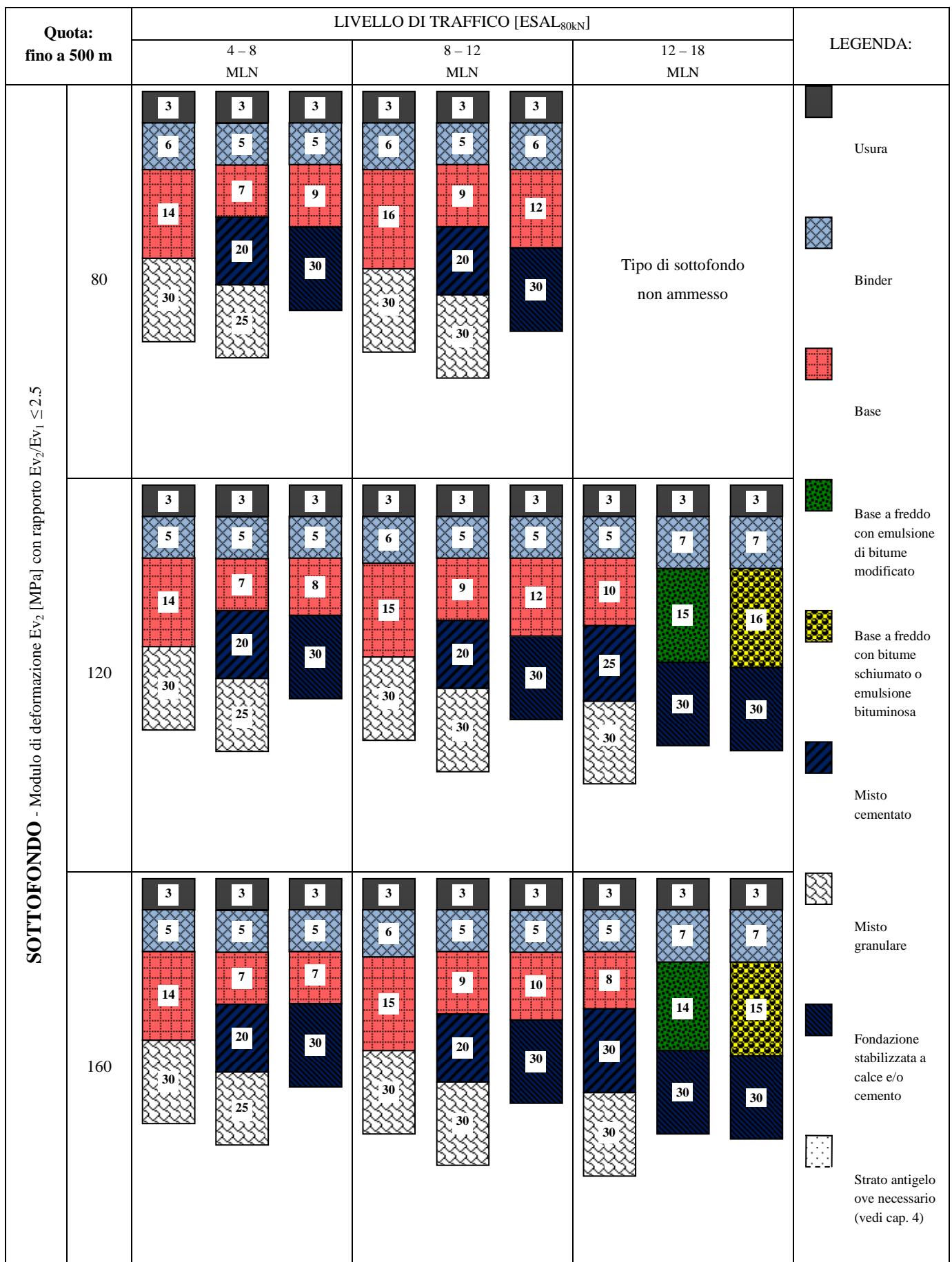
Le tre pavimentazioni sono equivalenti dal punto di vista prestazione. Il progettista è pertanto libero di scegliere quella che ritiene più soddisfacente nel caso specifico.

6 – SCHEDE TECNICHE

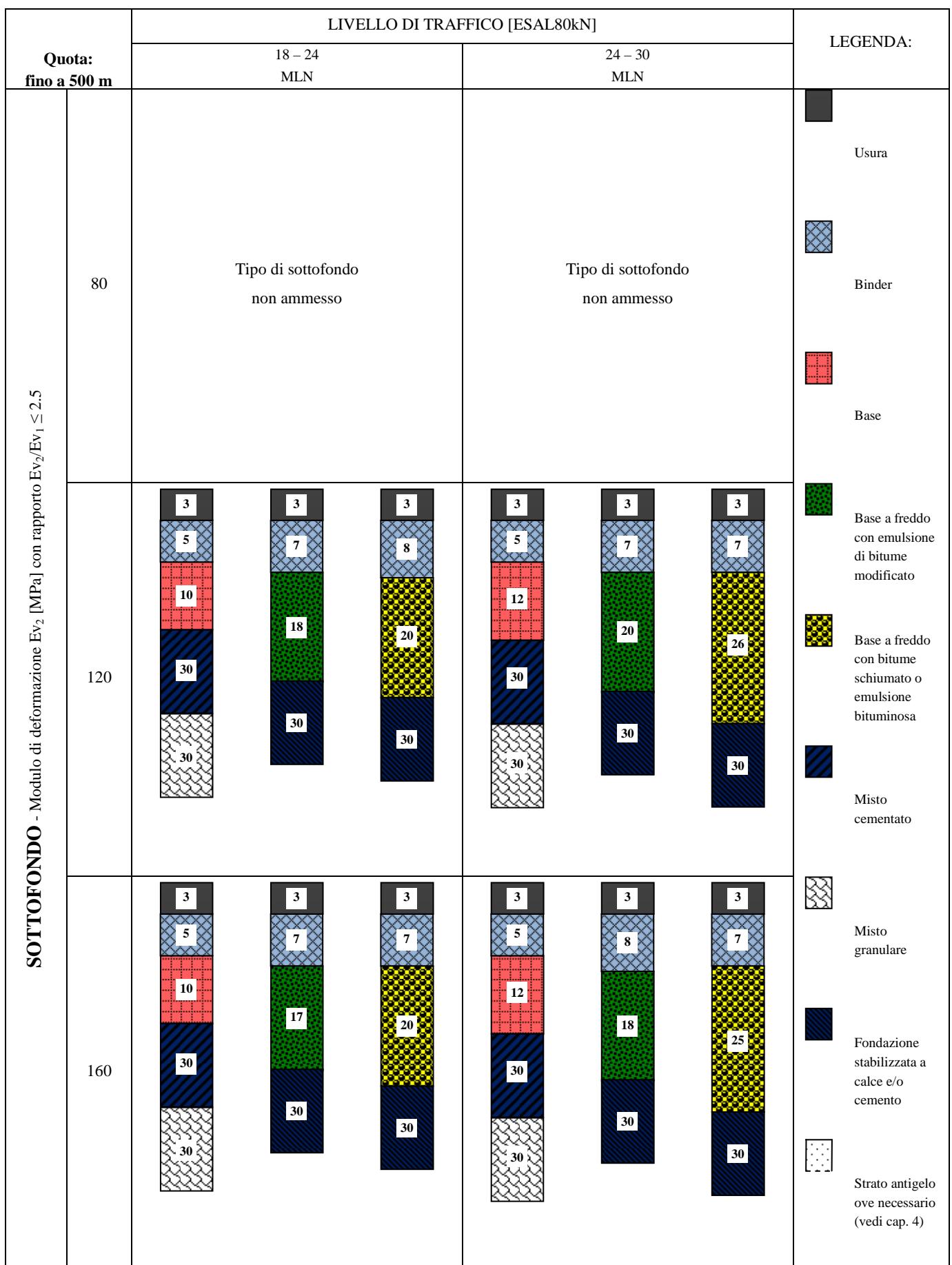
Quota: fino a 500 m	LIVELLO DI TRAFFICO [ESAL _{80kN}]				LEGENDA:
	< 0,5 MLN	0,5 – 1 MLN	1 – 2 MLN	2 – 4 MLN	
80					 Usura
120					 Base a freddo con emulsione di bitume modificato
160					 Base a freddo con bitume schiumato o emulsione bituminosa

SOTTOFONDO - Modulo di deformazione E_{V_2} [MPa] con rapporto $E_{V_2}/E_{V_1} \leq 2,5$

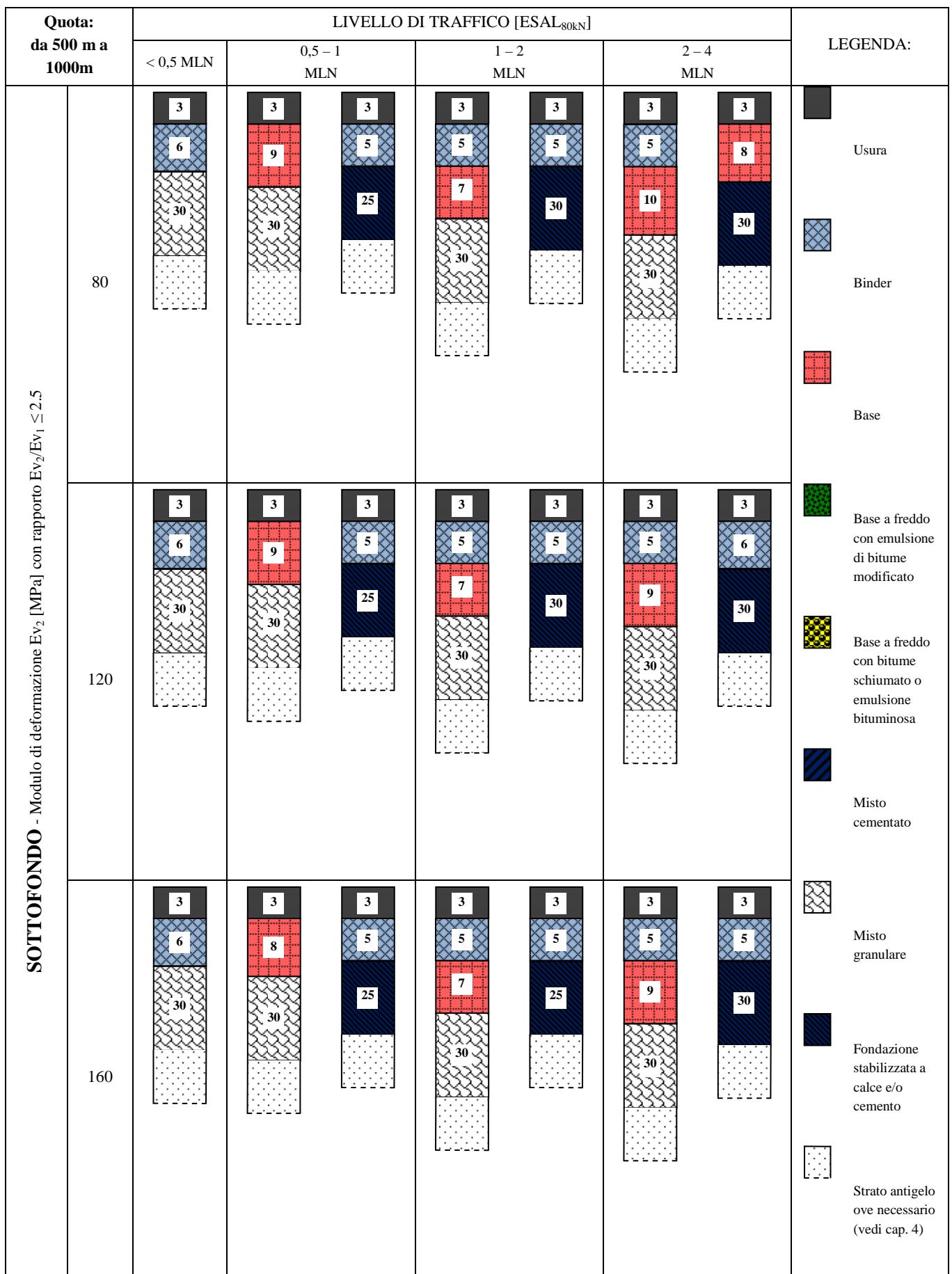
Schema 1: Quota < 500 m, livelli di traffico da 1 a 4



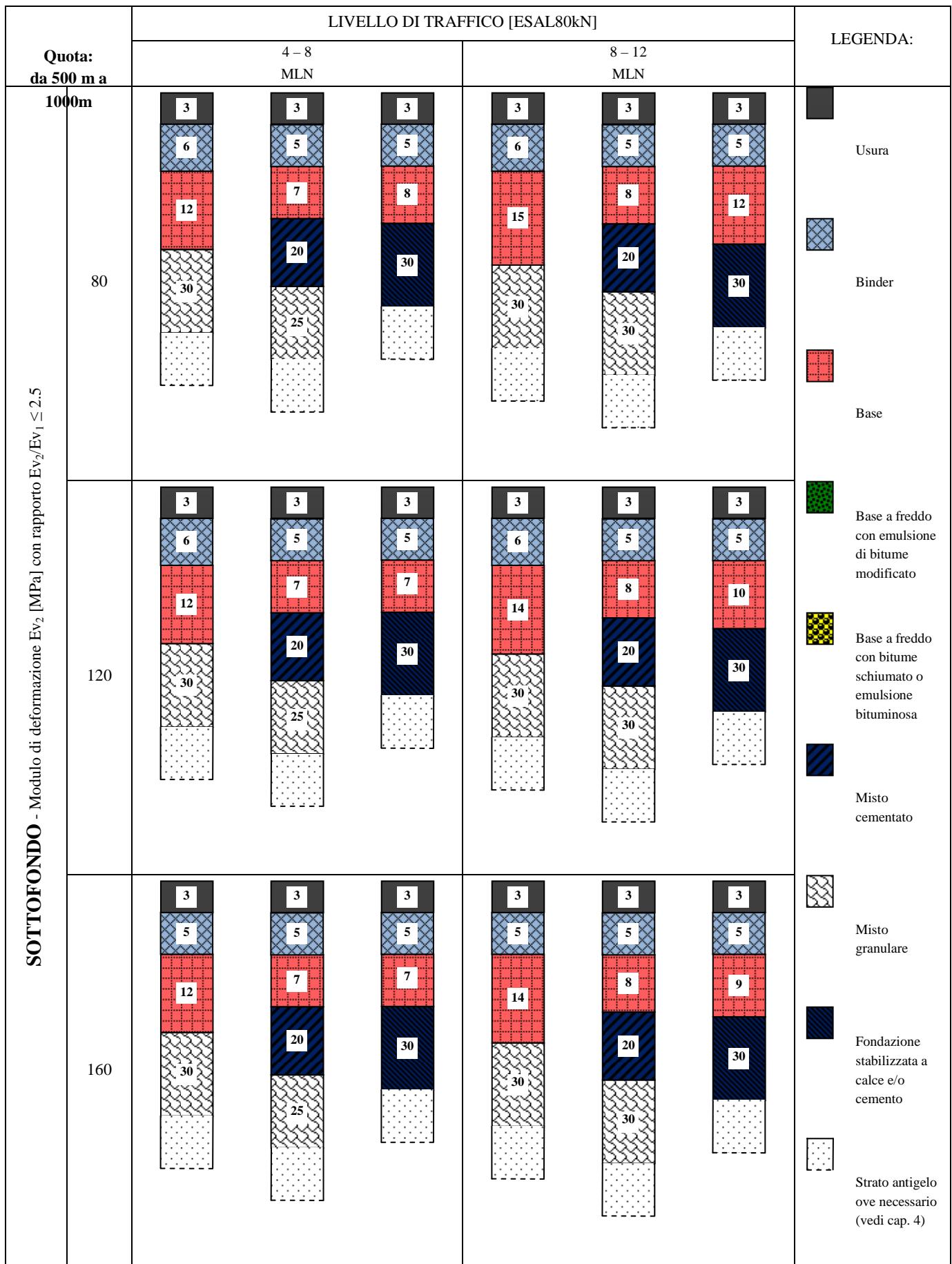
Schema 2: Quota < 500 m, livelli di traffico da 5 a 7



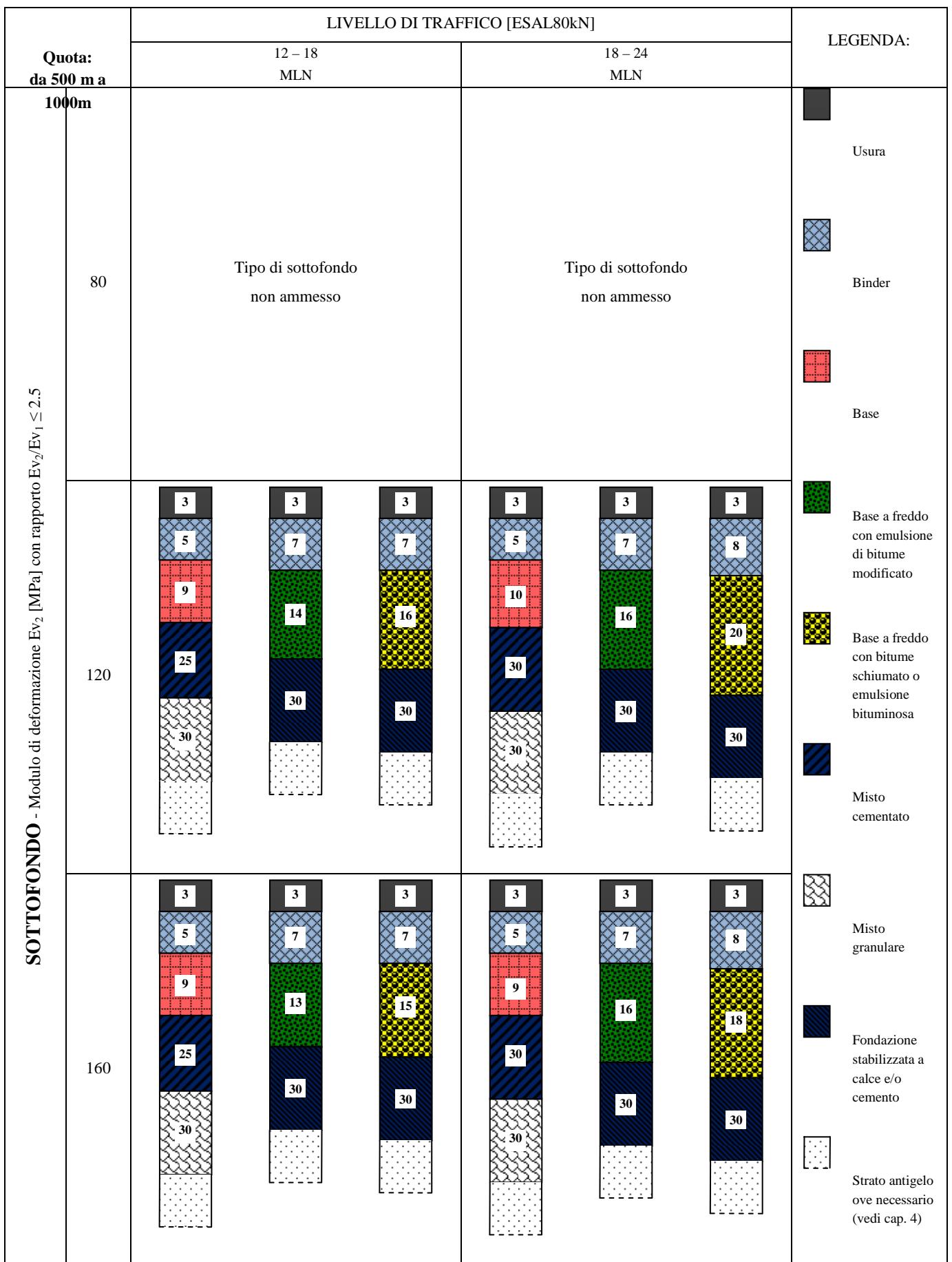
Schema 3: Quota < 500 m, livelli di traffico 8 e 9



Schema 4: Quota 500-1000 m, livelli di traffico da 1 a 4



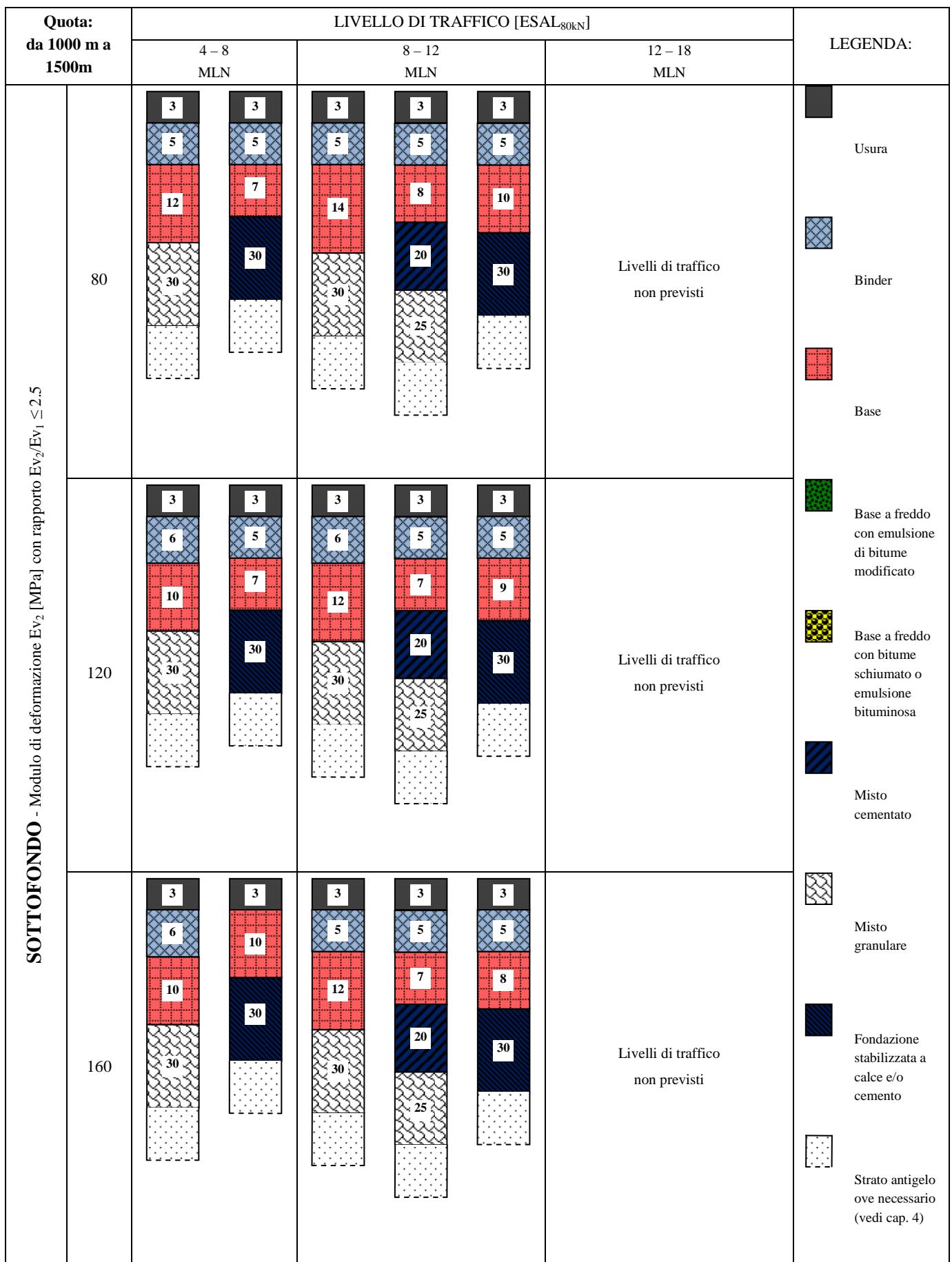
Schema 5: Quota 500-1000 m, livelli di traffico 6 e 7



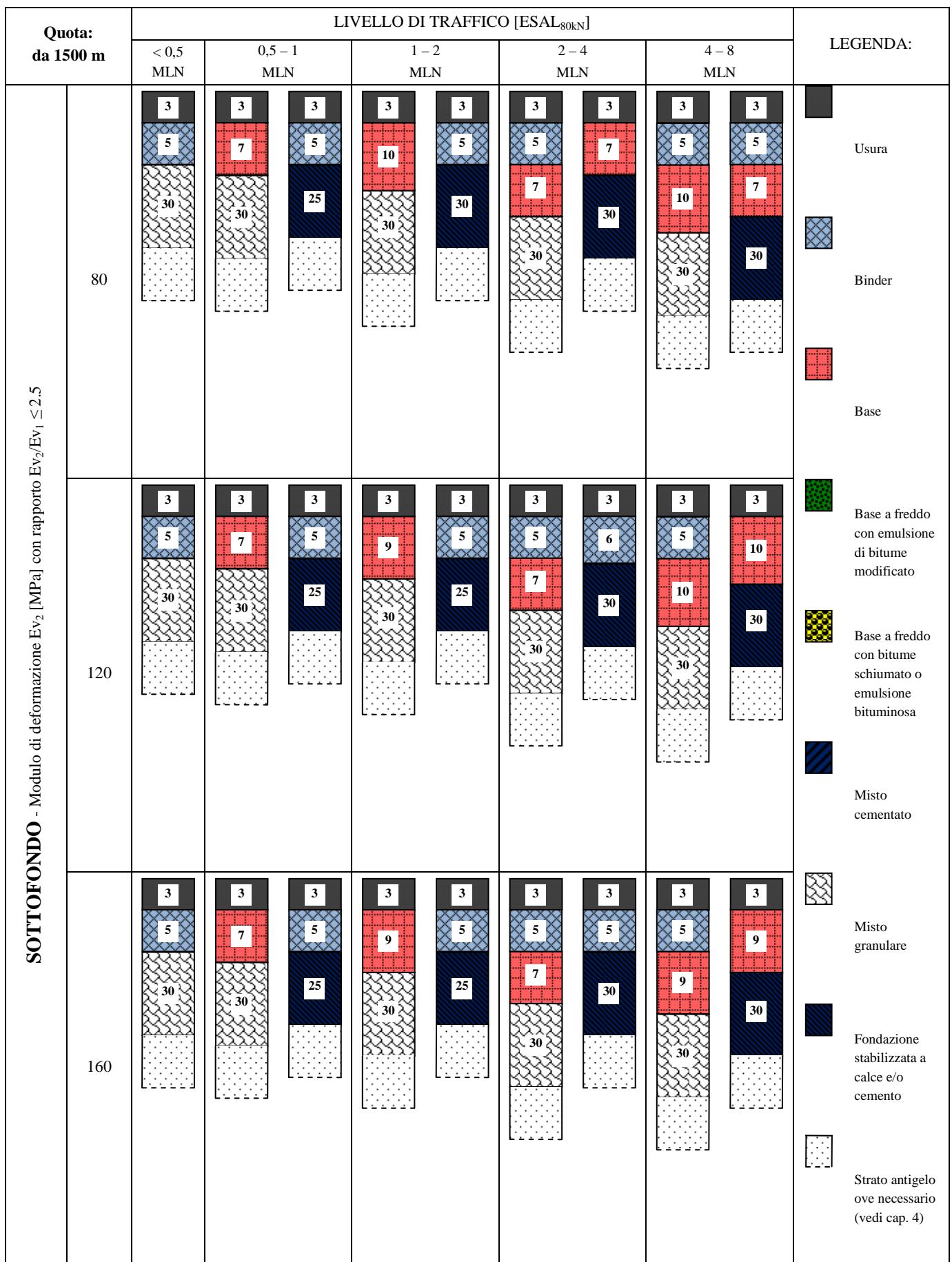
Schema 6: Quota 500-1000 m, livelli di traffico 7 e 8

Quota: da 1000 m a 1500m	LIVELLO DI TRAFFICO [ESAL _{80kN}]					LEGENDA:
	< 0,5 MLN	0,5 – 1 MLN	1 – 2 MLN	2 – 4 MLN		
80					Usura Binder Base Base a freddo con emulsione di bitume modificato Base a freddo con bitume schiumato o emulsione bituminosa Misto cementato Misto granulare Fondazione stabilizzata a calce e/o cemento Strato antigelo ove necessario (vedi cap. 4)	
120						Usura Binder Base Base a freddo con emulsione di bitume modificato Base a freddo con bitume schiumato o emulsione bituminosa Misto cementato Misto granulare Fondazione stabilizzata a calce e/o cemento Strato antigelo ove necessario (vedi cap. 4)
160						Usura Binder Base Base a freddo con emulsione di bitume modificato Base a freddo con bitume schiumato o emulsione bituminosa Misto cementato Misto granulare Fondazione stabilizzata a calce e/o cemento Strato antigelo ove necessario (vedi cap. 4)

Schema 7: Quota 1000-1500 m, livelli di traffico da 1 a 4



Schema 8: Quota 1000-1500 m, livelli di traffico 5 e 6



Schema 9: Quota > 1500 m, livelli di traffico da 1 a 5

7 – BIBLIOGRAFIA

- Airey G. D., “Fundamental binder and practical mixture evaluation of polymer modified bituminous materials”, International Journal on Pavement Engineering, vol. 5, pp 137-151, 2004.
- Bahia H. U., Hanson D. I., Zeng H., Zhai H., Khatri M. A., Anderson R. M., “Characterization of modified asphalt binders in superpave mix design”, NCHRP report 459, Washington D.C., 2001.
- Bocci M., Cardone F., Cerni G., Santagata E., “Rheological characterization of the fatigue resistance of asphalt binders”, ISAP conference, Quebec City, Canada, 2006.
- Bonnetti K., Nam K., Bahia H. U., “Measuring and defining fatigue behaviour of asphalt binder”, 8th TRB annual meeting, Washington D.C., 2002.
- De Beer M., “Aspects of the design and behaviour of road structures incorporating lightly cementitious layers”, PhD dissertation, Pretoria, 1990.
- Finn F., Saraf C., Kulkarni R., Nair K., Smith W. And Abdullah A., “The use of distress prediction subsystems for the design of pavement structures”, 4th International conference on structural design of asphalt pavements, 1977.
- Grilli A., Bocci E., Graziani A., “Influence of reclaimed asphalt content on the mechanical behavior of cement-treated mixtures”, International Journal of Road Materials and Pavement Design, Vol.14, Issue 3, pp. 666-678, 2013.
- Jenkins K. J., Van de Ven M. F. C., de Groot J. L. A., “Characterisation of foamed bitumen”, 7th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa, 1999.
- Jenkins K. J., “Mix design considerations for cold and half-warm bituminous mixes with emphasis on foamed bitumen”, PhD Dissertation, University of Stellenbosch, 2000.
- Isacsson U. and Lu X., “Properties of bitumens modified with elastomers and plastomers”, 2th Euroasphalt & Eurobitume Congress, Barcellona, Spagna, 2000.
- Lesueur D., “The colloidal structure of bitumen: Consequences on the rheology and on the mechanisms of bitumen modification”, International Journal on Advances in colloid and interface science, vol. 145, pp 42-82, 2009.
- Liebenberg J. J. E., Visser A. T., “Towards a mechanical structural design procedure for emulsion-treated base layers”, Journal of the South African Institution of Civil Engeneering, 2004.
- Liebenberg J. J. E., “A structural design procedure for emulsion treated pavement layers”, PhD dissertation, University of Pretoria, 2003.
- Loizos A., Collings D., Jenkins K., “Rehabilitation of a major greek highway by recycling/ stabilising with foamed bitumen”, 8th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa, 2004.
- Long F., H. Theyse, “Mechanical-empirical structural design models for foamed and emulsified bitumen treated materials”, 8th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa, 2004.
- Raffaelli D., “Foamed asphalt base stabilization”, Institute of Trasportation Studies, University of California Berkeley, 2004.
- Theyse H. L., de Beer M., Rust F. C., “Overview of South African mechanistic pavement design method”, Transport Research Record 1539, 1996.
- Theyse H. L., Muthern M. “Pavement analysis and design software (PADS) based on the South African mechanistic-empirical design method”, CSIR, Pretoria, 2000.
- Yetkin Y., “Polymer modified asphalt binders”, International Journal on Construction and building materials, vol. 21, pp 66-72, 2007.



Sichtvermerke i. S. d. Art. 13 L.G. 17/93
über die fachliche, verwaltungsgemäße
und buchhalterische Verantwortung

Visti ai sensi dell'art. 13 L.P. 17/93
sulla responsabilità tecnica,
amministrativa e contabile

Der Amtsdirektor 07/01/2016 11:25:19 MAIR VOLKMAR Il Direttore d'ufficio

Der Ressortdirektor 07/01/2016 11:32:08 MONTAGNER PAOLO Il Direttore di dipartimento

Laufendes Haushaltsjahr

Esercizio corrente

La presente delibera non dà luogo a
impegno di spesa.
Dieser Beschluss beinhaltet keine
Zweckbindung

zweckgebunden

impegnato

als Einnahmen
ermittelt

accertato
in entrata

auf Kapitel

sul capitolo

Vorgang

operazione

Der Direktor des Amtes für Ausgaben 07/01/2016 11:57:30 NATALE STEFANO Il direttore dell'Ufficio spese

Der Direktor des Amtes für Einnahmen Il direttore dell'Ufficio entrate

Diese Abschrift
entspricht dem Original

Per copia
conforme all'originale

Datum / Unterschrift

data / firma

Abschrift ausgestellt für

Copia rilasciata a



Der Generalsekretär
Il Segretario Generale

MAGNAGO EROS

12/01/2016

Der Landeshauptmann
Il Presidente

KOMPATSCHER ARNO

12/01/2016

Es wird bestätigt, dass diese analoge Ausfertigung,
bestehend - ohne diese Seite - aus 44 Seiten, mit
dem digitalen Original identisch ist, das die
Landesverwaltung nach den geltenden
Bestimmungen erstellt, aufbewahrt, und mit digitalen
Unterschriften versehen hat, deren Zertifikate auf
folgende Personen lauten:

nome e cognome: Arno Kompatscher

Si attesta che la presente copia analogica è
conforme in tutte le sue parti al documento
informatico originale da cui è tratta, costituito da 44
pagine, esclusa la presente. Il documento originale,
predisposto e conservato a norma di legge presso
l'Amministrazione provinciale, è stato sottoscritto con
firme digitali, i cui certificati sono intestati a:

nome e cognome: Eros Magnago

Die Landesverwaltung hat bei der Entgegennahme
des digitalen Dokuments die Gültigkeit der Zertifikate
überprüft und sie im Sinne der geltenden
Bestimmungen aufbewahrt.

Ausstellungsdatum

12/01/2016

Diese Ausfertigung entspricht dem Original

L'Amministrazione provinciale ha verificato in sede di
acquisizione del documento digitale la validità dei
certificati qualificati di sottoscrizione e li ha conservati
a norma di legge.

Data di emanazione

Per copia conforme all'originale

Datum/Unterschrift

Data/firma